

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**



**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

01128978.2

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE, 22/01/02  
LA HAYE, LE



**Blatt 2 der Bescheinigung**  
**Sheet 2 of the certificate**  
**Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.:  
Demande n°: 01128978.2

Anmeldetag:  
Date of filing:  
Date de dépôt: 06/12/01

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
ElringKlinger AG  
72581 Dettingen  
GERMANY

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
Mindestens in wesentlichen metallische Zylinderkopfdichtung

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat: DE  
State:  
Pays:

Tag: 29/09/01  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

DEA 10148295

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

EPO-Munich  
29  
06. Dez. 2001

### **Mindestens im wesentlichen metallische Zylinderkopfdichtung**

Die Erfindung betrifft eine Zylinderkopfdichtung mit einer mindestens im wesentlichen metallischen Dichtungsplatte, welche mindestens eine von wenigstens einer elastisch höhenverformbaren Sicke umschlossene Brennraumöffnung und mindestens eine die Sickenverformung begrenzende, die Brennraumöffnung gleichfalls umschließende, der Sicke benachbarte Verformungsbegrenzungs Vorrichtung (Stopper) aufweist.

Bei ein- oder mehrlagigen metallischen Zylinderkopfdichtungen war es bislang üblich, zur Erzeugung eines Stoppers radial innerhalb oder außerhalb (bezüglich der Brennraumöffnung) der eine Abdichtfunktion ausübenden Sicke die Dicke einer Metallblechlage in einem die Brennraumöffnung kreisringförmig umschließenden Bereich dadurch zu vergrößern, daß auf diese Metallblechlage ein flacher metallischer Ring aufgebracht wurde (beispielsweise durch Aufschweißen) oder daß ein die Brennraumöffnung umgebender Randbereich der Metallblechlage umgebördelt, d. h. um ca. 180° umgefaltet wurde. Ein derartiger Stopper hat zumindest nahezu keine elastischen Eigenschaften und in den meisten Fällen auch zumindest nahezu keine plastischen Eigenschaften, jedenfalls unter den im Motorbetrieb auf den Stopper ausgeübten Druckkräften.

Neuerdings sind ein- oder mehrlagige metallische Zylinderkopfdichtungen vorgeschlagen worden (WO 98/28559 und DE-U-298 04 534), bei denen der

Stopper unter den im Motorbetrieb auf ihn einwirkenden Druckkräften in erheblichem Maße plastisch und/oder elastisch, vorzugsweise überwiegend elastisch verformbar ist und eine der folgenden Gestaltungen aufweist: Die mit dem Stopper versehene Metallblechlage ist (bezüglich der Brennraumöffnung) radial innerhalb der zu schützenden, die Abdichtfunktion übernehmenden Sicke mit einer oder mehreren, den Stopper bildenden Sicken versehen, welche die Brennraumöffnung ringförmig umschließen und konzentrisch zu dieser verlaufen, wobei im Falle mehrerer Sicken diese abwechselnd in die eine oder andere Richtung der Achse der Brennraumöffnung vorspringen können (siehe Figuren 12A und 12B der WO 98/28559); alternativ wird der Stopper von einer Serie von in radialer Richtung abwechselnd aufeinanderfolgenden Rippen und Rillen gebildet, welche die Brennraumöffnung ringförmig umschließen und an beiden Seiten der Metallblechlage vorgesehen sind, wobei die Rippen über die beiden Hauptoberflächen der Metallblechlage vorstehen und so im Bereich des Stoppers zu einer Verdickung der Metallblechlage führen, jeder Rippe der einen Seite der Metallblechlage eine Rippe auf der anderen Seite der Metallblechlage unmittelbar gegenüberliegt (gleiches gilt dann für die Rillen) und die Rippen sowie Rillen durch Fließpressen der Metallblechlage erzeugt wurden (Fig. 12E der WO 98/28559 sowie DE-U-298 04 534). Diese Stopper lassen sich zwar einfacher herstellen als auf eine Metallblechlage aufgebrachte oder durch Umbördeln einer Metallblechlage erzeugte Stopper, da sich eine mit Sicken versehene Metallblechlage gegebenenfalls in einem einzigen Werkzeug ausstanzen und mit den Sicken versehen läßt, und weil gegebenenfalls mit einem einzigen Werkzeug eine Metallblechlage ausgestanzt und mit den vorstehend beschriebenen Rippen und Rillen versehen werden kann; andererseits haben die neuerdings vorgeschlagenen Stopper einen gravierenden Nachteil:

Die wesentliche Aufgabe eines Stoppers ist es, die die Abdichtfunktion zumindest hauptsächlich übernehmende Sicke im Motorbetrieb vor übermäßigen Verformungen zu schützen, eine Aufgabe, welche ein im Motorbetrieb nicht unerheblich elastisch und/oder plastisch verformbarer Stopper nur höchst unzureichend erfüllen kann. Wird der Stopper von einer die Brennraumöffnung kreisringförmig umschließenden Sicke oder von mehrere solchen konzentrisch zueinander angeordneten Sicken gebildet, kann die zwischen Motorblock und Zylinderkopf eingespannte Zylinderkopfdichtung der Abflachung der Sicken auch keinen erheblichen Widerstand entgegensetzen (sieht man einmal von der Steifigkeit der Sicken ab), da bei diesen bekannten Zylinderkopfdichtungen eine mit der Abflachung der den Stopper bildenden Sicken einhergehende Verschiebung (in bezüglich der Brennraumöffnung radialer Richtung) des die Brennraumöffnung umgebenden Bereichs der Metallblechlage nicht zu verhindern ist. Diese Nachteile gelten auch für den sich aus der DE-C-199 34 825 ergebenden Stopper aus einem Kranz von an jeweils 3 Seiten freigestanzten Lappen, welche abwechselnd nach oben und unten aus einer Metallblechlage herausgebogen sind.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, eine mindestens im wesentlichen metallische Zylinderkopfdichtung zu schaffen, bei der man bei der Herstellung der Verformungsbegrenzungs Vorrichtung (Stopper) gleichfalls ohne das Aufbringen eines Metallrings oder das Umbördeln einer Metallblechlage auskommt, bei der jedoch die Verformungsbegrenzungs Vorrichtung ihren hauptsächlichsten Zweck, nämlich eine übermäßige Verformung bzw. Abflachung einer die Abdichtung hauptsächlich bewirkenden Sicke im Motorbetrieb zu verhindern, besser erfüllen kann als die vorstehend beschriebenen bekannten

Verformungsbegrenzungsrichtungen aus einer oder mehreren die Brennraumöffnung konzentrisch umschließenden Sicken bzw. Rippen und Rillen.

Ausgehend von einer Zylinderkopfdichtung mit einer solchen Verformungsbegrenzungsrichtung, d. h. einer Zylinderkopfdichtung der eingangs erwähnten Art, bei der die Verformungsbegrenzungsrichtung in einer Metallblechlage der Dichtungsplatte durch eine solche Verformung der Metallblechlage ausgebildet ist, daß die letztere in ihren Hauptoberflächen im Bereich der Verformungsbegrenzungsrichtung Erhebungen und Vertiefungen aufweist und die Dicke der Verformungsbegrenzungsrichtung größer ist als die originäre Dicke des unverformten Blechs der Metallblechlage, also z. B. die Dicke der Metallblechlage in einem an die Verformungsbegrenzungsrichtung unmittelbar angrenzenden Bereich der Metallblechlage, läßt sich diese Aufgabe mittels einer mit der Verformungsbegrenzungsrichtung versehenen Metallblechlage lösen, die erfindungsgemäß derart gestaltet ist, daß in Schnitten durch die Metallblechlage längs mit der Brennraumöffnung coaxialer Kreiszylinderflächen die Verformungsbegrenzungsrichtung jeweils eine Reihe von diskreten, in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung aufeinanderfolgenden, in der Schnittfläche über das Blech der Metallblechlage miteinander verbundenen Erhebungen sowie diesen in der Metallblechlage direkt gegenüberliegende korrespondierende Vertiefungen aufweist, wobei in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Form der Erhebungen von der Form von die Brennraumöffnung mindestens teilweise umschließenden Kreisbögen abweicht sowie die von den Erhebungen insgesamt eingenommene Fläche zumindest gleich der Hälfte der Gesamtfläche der Verformungsbegrenzungsrichtung und vorzugsweise deutlich größer ist als 50 % dieser Gesamtfläche. Unter der von einer Erhebung (in der Draufsicht auf die Metallblechlage) eingenommenen

Fläche ist dabei die gesamte Fläche aller derjenigen Bereiche der Metallblechlage zu verstehen, welche bei der Erzeugung der Erhebung durch Verformen der Metallblechlage verformt wurden, d. h. aus der vor der Verformung durch die Metallblechlage definierten Ebene herausragen.

Die erfindungsgemäße Verformungsbegrenzungsvorrichtung unterscheidet sich auch von einer Abwandlung der aus der WO 98/28559 bekannten Verformungsbegrenzungsvorrichtung aus kreisbogenförmigen Sicken, welche nicht exakt konzentrisch zur Brennraumöffnung verlaufen, so daß eine oder mehrere der Brennraumöffnung unmittelbar benachbarten Sicken keine vollständigen Kreise bilden - auch bei einer solchen Abwandlung bilden die Erhebungen in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Brennraumöffnung mindestens teilweise umschließende Kreisbögen.

Bei einer erfindungsgemäßen Zylinderkopfdichtung kann die besagte Metallblechlage an ihrer einen Hauptoberfläche nur mit Erhebungen und an ihrer anderen Hauptoberfläche nur mit Vertiefungen versehen sein, es sind aber auch Ausführungsformen möglich, bei denen an jeder der beiden Hauptoberflächen der Metallblechlage sowohl Erhebungen, als auch Vertiefungen vorgesehen sind, wobei die Vertiefungen an der einen Hauptoberfläche Erhebungen an der anderen Hauptoberfläche direkt gegenüberliegen; in jedem Fall korrespondiert jede Vertiefung in ihrer Form mit der ihr gegenüberliegenden Erhebung. Ferner soll unter einer vorgegebenen spezifischen Druckbelastung der Dichtung (Druckkraft pro Flächeneinheit der Dichtungsplatte) in dem von dem Stopper und der durch diesen zu schützenden Sicke eingenommenen Ringbereich der Dichtungsplatte die elastische und/oder plastische Höhenverformbarkeit der Erhebungen des Stoppers kleiner und vorzugsweise kleiner



als ca. 50 % der Höhenverformbarkeit der durch den Stopper zu schützenden Sicke sein. Betrachtet man die Verformungsbegrenzungsvorrichtung (Stopper) und die durch letztere zu schützende Sicke jeweils als eine senkrecht zur Ebene der Metallblechlage verformbare Feder, so soll die Federkonstante (d. h. die Härte) der Verformungsbegrenzungsvorrichtung also größer sein als diejenige der zu schützenden Sicke.

Wenn vorstehend von der Dicke der Verformungsbegrenzungsvorrichtung die Rede ist, so wird diese Dicke vom Abstand der beiden zueinander parallelen Ebenen definiert, die sich im Bereich der Verformungsbegrenzungsvorrichtung beiderseits der Metallblechlage gegen die beiden Seiten der Verformungsbegrenzungsvorrichtung anlegen lassen. Natürlich sind die vorstehend erwähnten diskreten (oder vereinzelt) Erhebungen über Bereiche der Metallblechlage miteinander verbunden, wobei die Basis oder der Grund einer Erhebung unmittelbar in die Basis bzw. den Grund einer benachbarten Erhebung übergehen kann. Hinsichtlich des von den Erhebungen eingenommenen Flächenanteils der Verformungsbegrenzungsvorrichtung sind natürlich die Flächenanteile sämtlicher Erhebungen zu addieren, auch wenn sie von beiden Seiten der Metallblechlage absteigen (die letztere ist also sozusagen als transparent zu betrachten, wenn es um die Ermittlung des von den Erhebungen eingenommenen Flächenanteils geht).

Bei der erfindungsgemäßen Zylinderkopfdichtung sollte das Material der Metallblechlage im Bereich der Erhebungen durch Verformung bis nahezu zur Bruchgrenze verfestigt sein; anders ausgedrückt sollten die Erhebungen unter den im Motorbetrieb auf die Erhebungen einwirkenden Druckkräften zumindest

nahezu unelastisch sein und zumindest nahezu keine plastischen Eigenschaften aufweisen.

Anders als bei den Verformungsbegrenzungsrichtungen gemäß der WO 98/28559 und dem DE-U-298 04 534 zeichnet sich eine erfindungsgemäße Zylinderkopfdichtung dadurch aus, daß in Schnitten durch die besagte Metallblechlage längs mit der Brennraumöffnung coaxialen Kreiszylinderflächen die bei eingebaute Dichtung gegen eine benachbarte Dichtfläche anzupressenden Kuppen der Erhebungen mit dieser Dichtfläche eine die Brennraumöffnung umschließende, in Umfangsrichtung der letzteren jedoch mehrfach und insbesondere regelmäßig unterbrochene Kontaktzone bilden, wobei unter der genannten Dichtfläche eine Hauptoberfläche einer anderen Metallblechlage der Zylinderkopfdichtung oder eine Dichtfläche von Zylinderkopf oder Motorblock zu verstehen ist, gegen welche die Zylinderkopfdichtung anliegt.

Die erfindungsgemäße Verformungsbegrenzungsrichtung muß die Brennraumöffnung nicht unbedingt als in sich geschlossenes ringförmiges Gebilde umgeben; so kann bei sehr nahe beieinanderliegenden Brennräumen der in der Metallblechlage zwischen zwei Brennraumöffnungen liegende Steg zu schmal sein, um die Verformungsbegrenzungsrichtung auch im Bereich dieses Stegs auszubilden.

Um eine besonders hohe Verformungssteifigkeit der Verformungsbegrenzungsrichtung zu erzielen, sind bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Zylinderkopfdichtung die Erhebungen im Schnitt ungefähr rechteck- oder trapezförmig und in einer Draufsicht auf die Metallblechlage

einander vorzugsweise zumindest nahezu abstandslos benachbart. Die Rechteck- oder Trapezform der Erhebungen wird vorzugsweise dadurch erreicht, daß die Erhebungen zunächst mit einer größeren als ihrer endgültigen Höhe erzeugt und dann durch Zurückverformen wieder etwas abgeflacht werden; dadurch ergibt sich eine höhere Steifigkeit der Erhebungen, weil der Anteil der kaltverformten Zonen sowie der Umformungsgrad der Metallblechlage im Bereich der Erhebungen erhöht werden.

Bei einer ersten Gruppe besonders vorteilhafter erfindungsgemäßer Zylinderkopfdichtungen bildet die Verformungsbegrenzungsvorrichtung in einer Draufsicht auf die besagte Metallblechlage ein zweidimensionales Muster von vereinzelt diskreten Erhebungen, wobei in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Abstände zwischen einander benachbarten Erhebungen wesentlich kleiner sind (insbesondere 50 % oder weniger) als die maximalen Durchmesser der Erhebungen. Bevorzugt bilden die Erhebungen mindestens in manchen Bereichen der Verformungsbegrenzungsvorrichtung ein regelmäßiges Muster, die Geometrie des Motorblocks bzw. Zylinderkopfs kann aber auch ein überall ungleichmäßiges Muster erforderlich machen. Damit bei der Erzeugung der Erhebungen und Vertiefungen mit einem möglichst einfach herzustellenden Werkzeug gearbeitet werden kann, empfiehlt es sich, alle Erhebungen (und damit auch alle Vertiefungen) ungefähr gleich zu gestalten, und zwar vorzugsweise noppenförmig. Eine besonders dichte "Packung" der Erhebungen und damit eine besonders verformungssteife Verformungsbegrenzungsvorrichtung ergibt sich dann, wenn in einer Draufsicht auf die besagte Metallblechlage die Erhebungen ein Wabenmuster (honey comb) bilden. Im Sinne einer möglichst dichten Packung ist es auch empfehlenswert, alle Erhebungen auf einer Seite der Metallblechlage vorzusehen.

Bei mehrlagigen metallischen Zylinderkopfdichtungen ist es an sich bekannt, in eine oder mehrere Metallagen ein Muster von noppenförmigen Erhebungen einzuprägen (EP-A-0 470 790, Fig. 7); zum einen dienen diese Erhebungen jedoch ausschließlich dem Zweck, den Wärmeübergang zwischen Motorblock und Zylinderkopf dadurch zu minimieren, daß auch in der eingebauten Zylinderkopfdichtung deren Metallagen in Abständen voneinander gehalten werden, und zum anderen sind die Abstände zwischen einander benachbarten Erhebungen größer als die maximalen Durchmesser der Erhebungen, so daß ein solches Noppenmuster nicht die für eine Verformungsbegrenzungsvorrichtung wünschenswerte Verformungssteifigkeit besitzt.

Bei einer zweiten Gruppe von erfindungsgemäßen Zylinderkopfdichtungen ist die mit der Verformungsbegrenzungsvorrichtung versehene Metallblechlage so gestaltet, daß die Erhebungen von mindestens einer Sicke gebildet werden, welche in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Brennraumöffnung mindestens nahezu geschlossen umgibt und über wenigstens einen Teil ihrer Länge einen sich in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung erstreckenden Mäander bildet. Eine solche Ausführungsform ermöglicht die Bildung einer zweiten Abdichtstelle, vorzugsweise radial (bezüglich der Brennraumöffnung) innerhalb der die Abdichtfunktion hauptsächlich ausübenden Sicke, da eine solche Verformungsbegrenzungsvorrichtung mit einer benachbarten Dichtfläche eine geschlossene Kontaktzone um die Brennraumöffnung herum bilden kann, wenn die die Verformungsbegrenzungsvorrichtung bildende Sicke die Brennraumöffnung geschlossen umgibt. An Stellen, an denen im abzudichtenden Motor in unmittelbarer Nachbarschaft eines Brennraums eine Öffnung liegt, beispielsweise einen Brennraum oder eine Öffnung zur Durchleitung von

Kühlwasser oder Schmieröl, kann die die Verformungsbegrenzungsvorrichtung bildende Sicke in dem Bereich zwischen dem Brennraum und der besagten Öffnung keinen mäanderförmigen Verlauf aufweisen, sondern beispielsweise einen geradlinigen oder kreisbogenförmigen Verlauf. Durch eine entsprechende dichte "Packung" der Mäanderschlingen läßt sich eine Verformungsbegrenzungsvorrichtung erreichen, welche viel verformungssteifer ist als die vorstehend beschriebenen Verformungsbegrenzungsvorrichtung nach der WO 98/28559 und dem DE-U-298 04 534, und zwar auch dann, wenn der - in einer Draufsicht auf die Metallblechlage gemessene - von der Mäandersicke eingenommene Flächenanteil der Verformungsbegrenzungsvorrichtung kleiner ist als die Hälfte der in dieser Draufsicht gemessenen Gesamtfläche der Verformungsbegrenzungsvorrichtung. Es sind also auch derartige Mäandersicken als unter die Erfindung fallend zu betrachten.

Bei einer dritten Gruppe erfindungsgemäßer Zylinderkopfdichtungen ist die Verformungsbegrenzungsvorrichtung so gestaltet, daß in einer Draufsicht auf die besagte Metallblechlage die Erhebungen von einem die Brennraumöffnung umschließenden Kranz von sich bezüglich der Brennraumöffnung ungefähr in radialer Richtung erstreckenden Sicken gebildet werden. Bei einem solchen Sickenverlauf ginge mit einer Sickenabflachung zumindest keine nennenswerte radiale Verschiebung des gesickten Bereichs der Metallblechlage einher (im Gegensatz zu einer Verformungsbegrenzungsvorrichtung mit einer oder mehreren Sicken, deren jede die Brennraumöffnung ringförmig umschließt).

Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird das Material der Metallblechlage bei der Herstellung der Erhebungen und Vertiefungen soweit

wie möglich, nämlich nahezu bis zur Bruchgrenze, umgeformt und dabei kaltverfestigt. Für die mit dem Stopper versehene Metallblechlage eignen sich Stähle mit einer Zugfestigkeit von ca. 600 bis ca. 1800 N/mm<sup>2</sup>, vorzugsweise von 700 bis 1700 N/mm<sup>2</sup> - darunter wäre das Material zu weich, eine höhere Zugfestigkeit würde die Verformungsmöglichkeiten beeinträchtigen. Angemerkt sei, daß nicht unbedingt die Zugfestigkeit des Ausgangsmaterials in diesem Bereich liegen muß, sondern vielmehr die Zugfestigkeit des fertigen Erzeugnisses. Gegebenenfalls kann die gewünschte Härte durch eine Wärmebehandlung nach dem Verformen erzielt werden, bevorzugt wird aber das Erreichen der gewünschten Härte durch Kaltverfestigung. Als besonders geeignet erwiesen sich Bandstahlsorten 1.4310 nach der europäischen Norm EN 10088-2.

Bevorzugt wird der Stopper an einer sogenannten Funktionslage erzeugt, d. h. an einer Federstahllage, in der auch die die Abdichtfunktion hauptsächlich übernehmende Sicke erzeugt wird bzw. wurde. Bei mehrlagigen metallischen Zylinderkopfdichtungen kann der Stopper aber auch an einer anderen Lage vorgesehen werden, so wie sich dies aus dem Stand der Technik über Zylinderkopfdichtungen ergibt. Bei einer mehrlagigen metallischen Zylinderkopfdichtung empfiehlt es sich, den Stopper nicht an einer der Außenlagen vorzusehen, sondern an einer im Inneren des Lagenpakets liegenden Metallblechlage, damit nicht die Gefahr besteht, daß sich die Erhebungen in die Dichtfläche des Motorblocks bzw. des Zylinderkopfs eindrücken, vor allem dann, wenn der Zylinderkopf, wie dies bei modernen Motoren üblich ist, aus einer Leichtmetalllegierung besteht. Deshalb empfehlen sich auch Erhebungen mit ebenen Kuppen.

Anzustreben ist ein möglichst dichtes Raster oder Muster von Erhebungen (soweit dies die Umformung der Metallblechlage zuläßt), um so den Anteil der tragenden Gesamtfläche des Stoppers möglichst groß zu gestalten. In diesem Sinne kann es auch empfehlenswert sein, die Lücken zwischen den Kuppen der Erhebungen sowie gegebenenfalls die mit den Erhebungen korrespondierenden Vertiefungen mit einem Füllstoff auszufüllen, insbesondere mit einem mit Füllstoffen versehenen Gießharz oder elastomeren Material.

Vorzugsweise liegt die Höhe der Erhebungen in einem Bereich von 5 bis 25 Hundertstel mm, insbesondere von 5 bis 15 Hundertstel mm; wenn die Erhebungen in einer dem Zylinderkopf zugewandten Außenfläche der Zylinderkopfdichtung vorgesehen sind und der Zylinderkopf aus einer Leichtmetalllegierung besteht, kann es sich allerdings empfehlen, die Erhebungen bis zu 30 Hundertstel mm hoch zu machen, um eine eventuelle Eingrabung der Erhebungen in die Dichtfläche des Zylinderkopfs zu berücksichtigen.

Für die mit dem Stopper versehene Metallblechlage eignen sich besonders Bleche mit einer Dicke von 0,10 bis 0,50 mm, vorzugsweise von 0,20 bis 0,30 mm.

Da es besonders empfehlenswert ist, die Erhebungen und Vertiefungen durch Tiefziehen des Blechs zu erzeugen, weisen bei bevorzugten Ausführungsformen die Erhebungen schräg zur Ebene der Metallblechlage verlaufende Flanken auf, so daß sich ungefähr trapezförmige Querschnitte ergeben.

Wie bereits erwähnt, ist anzustreben, daß die Erhebungen eine möglichst große "Packungsdichte" aufweisen; infolgedessen wird empfohlen, die

Erhebungen in einer Draufsicht auf die Metallblechlage möglichst klein zu gestalten (so klein wie dies das gewählte Umformungsverfahren zuläßt).

Im Hinblick auf das angestrebte Ziel einer möglichst großen "Packungsdichte" und die materialbedingte Grenze für eine Umformung des Blechs sind Ausführungsformen zu bevorzugen, bei denen die Erhebungen alle in dieselbe Richtung weisen, d. h. von derselben Hauptoberfläche der Metallblechlage abstehen; möglich sind aber natürlich auch Ausführungsformen, bei denen die Erhebungen insbesondere abwechselnd in beide Richtungen weisen.

Wie bereits erwähnt, befinden sich bei modernen Motoren Durchgangsöffnungen für Kühlwasser, Öl und dergleichen häufig in unmittelbarer Nähe eines Brennraums, so daß in einer Zylinderkopfdichtung um eine Brennraumöffnung herum bereichsweise wenig Platz für die Unterbringung einer abdichtenden Sicke und eines Stoppers verbleibt. Gleiches gilt für nahe beeinanderliegende Brennraumöffnungen. Dies kann bei den vorstehend geschilderten bekannten Zylinderkopfdichtungen, bei denen der Stopper nicht nur von einer, sondern von mehreren konzentrischen Sickern gebildet wird, zu erheblichen Schwierigkeiten führen. Diesbezüglich bietet die Erfindung einen weiteren Vorteil, wenn der Stopper von einem Muster kleiner noppenförmiger Erhebungen gebildet wird, da es dann ohne weiteres möglich ist, in einem solchen schmalen Bereich der Zylinderkopfdichtung einen eingeschnürten Bereich des Noppenmusters vorzusehen. Auch kann das von dem Noppenmuster gebildete, ringförmige Band in seiner Breite auch zu dem Zweck veränderlich gestaltet, d. h. breitenprofilert werden, den Schwankungen der spezifischen Flächenpressung



der Dichtung um einen Brennraum herum Rechnung zu tragen. Entsprechendes gilt aber auch für Ausführungsformen mit Mäandersicken oder einem Kranz von ungefähr radial verlaufenden Sicken.

Im Vergleich zu bekannten Stoppern aus einer oder mehreren Sicken, welche die Brennraumöffnung ringförmig umschließen, bietet die Erfindung noch einen weiteren Vorteil, und zwar insbesondere dann, wenn der Stopper von einem Muster noppenartiger Erhebungen gebildet wird: Eine Sicke stützt sich an benachbarten Flächen einerseits nur über ihren linienförmigen Kamm und andererseits nur über ihre beiden linienförmigen Sickenfüße ab, während bei einem erfindungsgemäßen Stopper das Muster der Abstützflächen sehr viel dichter ist, so daß schon aus diesem Grund ein erfindungsgemäßer Stopper einen sehr viel größeren Rückformwiderstand aufbringen kann als ein Stopper aus einer oder mehreren, die Brennraumöffnung ringförmig umschließenden Sicken.

Bei erfindungsgemäßen Zylinderkopfdichtungen bildet der Stopper in einer Draufsicht auf die Metallblechlage einen Bereich in Form eines die Brennraumöffnung mindestens nahezu ringförmig umschließenden Bandes, dessen Breite vorzugsweise zwischen 0,8 und 5 mm, insbesondere zwischen 1 und 3,5 mm liegt. In dieser Draufsicht wird dieses Band (bezüglich der Brennraumöffnung radial außen und innen) durch jeweils einen Linienzug begrenzt, gebildet von einer möglichst gestreckten Kurve oder Linie, welche die radial außen bzw. innen liegenden Erhebungen bzw. Erhebungsbereiche des Stoppers tangiert und mathematisch als Einhüllende oder Hüllkurve oder Enveloppe der Erhebungen bezeichnet wird. Die in der Draufsicht gemessene Fläche des von den beiden Einhüllenden definierten Bandes ist als Gesamtfläche der Formungsbegrenzungsvorrichtung anzusehen.

Bei besonders vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung liegt der Stopper zwischen der die Abdichtfunktion hauptsächlich übernehmenden Sicke und der Brennraumöffnung (grundsätzlich könnte der Stopper oder ein weiterer Stopper auch radial außerhalb der besagten Sicke liegen), vor allem deshalb, weil dann die die Abdichtfunktion hauptsächlich übernehmende Sicke vor den hohen, im Brennraum herrschenden Temperaturen besser geschützt ist.

Bei einer im Sinne einer Abflachung wirkenden Druckbeanspruchung des vorstehend erörterten, sich aus der WO 98/28559 ergebenden Stoppers überwiegen die bezüglich der Brennraumöffnung radialen Verschiebungen der Metallblechlage deren Verschiebungen in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung, während die Verhältnisse bei einem erfindungsgemäßen Stopper gerade umgekehrt sind.

Da beim Prägen oder Tiefziehen der den erfindungsgemäßen Stopper bildenden Erhebungen radiale Verschiebungen der Metallblechlage jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden können, empfiehlt es sich, die endgültige Kontur der Brennraumöffnung erst nach der Herstellung des Stoppers aus der Metallblechlage auszustanzen. Hierbei kann es ohne weiteres vorkommen, daß Teile des zunächst hergestellten Stoppers an- oder weggestanzt werden, so daß ein aus noppenförmigen Erhebungen bestehender Stopper z. B. angestanzte derartige noppenförmige Erhebungen aufweisen kann und bei einem von einer Mäandersicke gebildeten Stopper die radial innenliegenden Schlingen (in der Draufsicht U-förmigen Bereiche der mäanderförmigen Sicke) ganz oder zu einem Teil fehlen.

Es ist bekannt, einen Stopper mit einer um eine Brennraumöffnung herum variierenden Höhe und/oder Breite zu versehen, um die spezifische Flächenpressung um eine Brennraumöffnung herum zu vergleichmäßigen; dieses Prinzip läßt sich selbstverständlich auch auf einen erfindungsgemäßen Stopper anwenden, so daß beispielsweise die Höhe seiner Erhebungen um die Brennraumöffnung herum variiert.

Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie der beigefügten zeichnerischen Darstellung besonders vorteilhafter Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Zylinderkopfdichtung sowie eines zu bevorzugenden Tiefziehwerkzeugs zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Stoppers durch eine Art Tiefziehen - die Erfindung betrifft also auch ein solches Werkzeug und ein Verfahren zur Herstellung einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Stoppers. In der Zeichnung zeigen:

**Fig. 1** eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Zylinderkopfdichtung, bei der es sich um eine Dichtung für einen Einzylindermotor oder um eine sogenannte Einzeldichtung für einen Mehrzylindermotor handeln kann - bei solchen Mehrzylindermotoren mit Einzeldichtungen ist für jeden Brennraum eine separate Zylinderkopfdichtung vorgesehen, so daß mehrere nebeneinander liegende Einzeldichtungen zwischen Motorblock und Zylinderkopf eingespannt sind;

- Fig. 2                    einen Ausschnitt aus Fig. 1, welcher einen Bereich des in Fig. 1 dargestellten Stoppers in größerem Maßstab zeigt;
- Fig. 3                    einen Schnitt nach der Linie 3-3 in Fig. 1 samt einer Draufsicht auf zwei der in Fig. 3 dargestellten Erhebungen sowie einer Draufsicht auf zwei der in Fig. 3 erkennbaren Vertiefungen;
- Fig. 4A                   eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt eines Oberteils eines erfindungsgemäßen Tiefziehwerkzeugs zur Herstellung der in den Figuren 1 bis 3 gezeigten Erhebungen und
- Fig. 4B                   eine Draufsicht auf einen entsprechenden Ausschnitt eines Unterteils dieses Tiefziehwerkzeugs;
- Figuren 5 und 6        Draufsichten auf einen Bereich erfindungsgemäßer Zylinderkopfdichtungen für einen Mehrzylindermotor mit Stopperrn ähnlich demjenigen gemäß den Figuren 1 bis 3;
- Figuren 7 bis 16       der Fig. 3 entsprechende Schnittdarstellungen durch 10 weitere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Zylinderkopfdichtung;
- Figuren 17 und 18     zwei weitere Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Verformungsbegrenzungsvorrichtung, und

Fig. 19                      eine der Fig. 5 entsprechende Darstellung einer Variante der Ausführungsform gemäß Fig. 17.

Die in Fig. 1 dargestellte Zylinderkopfdichtung hat eine Dichtungsplatte 10, welche aus einer einzigen Metallblechlage 12 (siehe auch Fig. 3) besteht und aus der eine zumindest im wesentlichen kreisrunde Brennraumöffnung 14 sowie Schraubenöffnungen 16 für den Durchtritt von Zylinderkopfschrauben ausgestanzt wurden. Das Zentrum bzw. die Achse der Brennraumöffnung 14 wurde mit 18 bezeichnet. Die Abdichtung der Brennraumöffnung 14 bzw. des zugehörigen Brennraums gegen den Austritt von Brenngasen erfolgt mindestens im wesentlichen durch eine Sicke 20, bei der es sich im dargestellten Fall um eine sogenannte Vollsicke handelt, welche die Brennraumöffnung 14 als geschlossener, zur Brennraumachse 18 konzentrischer Kreisring umgibt und bei eingebauter Dichtung im Motorbetrieb im Sinne einer Abflachung senkrecht zur Dichtungsplatte 10 federelastisch verformbar sein muß, weshalb die Metallblechlage 12 aus Federstahlblech besteht.

Damit die Sicke 20 unter dem Einfluß der von den Zylinderkopfschrauben erzeugten Druckkräfte sowie der im Motorbetrieb auftretenden, periodisch schwankenden Drücke nicht übermäßig abgeflacht werden kann (es bestünde sonst die Gefahr, daß im Motorbetrieb im Bereich der Sicke 20 Risse in der Metallblechlage 12 entstehen und die Sicke die erforderlichen federelastischen Eigenschaften verliert), wurde die Metallblechlage 12 mit einer Verformungsbegrenzungsvorrichtung versehen, welche im folgenden wie üblich als Stopper bezeichnet wird und als Ganzes mit 22 gekennzeichnet wurde. In der Draufsicht auf die Dichtungsplatte 10 bzw. die Metallblechlage 12 hat der Stopper 22 die Gestalt eines ringförmigen Bandes, welches die Brennraumöffnung 14

umschließt und vorzugsweise zwischen der Sicke 20 und dem Rand der Brennraumöffnung 14 angeordnet ist; bei der dargestellten bevorzugten Ausführungsform grenzt der Stopper 22 fast unmittelbar an den Rand der Brennraumöffnung 14 an.

Bei der in den Figuren 1 bis 3 dargestellten Ausführungsform besteht der Stopper 22 aus einem regelmäßigen Muster oder Raster von noppenförmigen Erhebungen 24, welche alle zumindest ungefähr dieselbe Gestalt haben und von derselben Seite bzw. Hauptoberfläche der Metallblechlage 12 abstehen; jeder der Erhebungen 24 liegt eine Vertiefung 26 direkt gegenüber, deren Gestalt mit der Gestalt der zugehörigen Erhebung 24 korrespondiert. Wie die Fig. 2 erkennen läßt, bilden die Erhebungen 24 ein sogenanntes Wabenmuster, welches die größte "Packungsdichte" der Erhebungen 24 gewährleistet, d. h. die größtmögliche Anzahl von Erhebungen je Flächeneinheit der Metallblechlage 12.

Wie sich aus Fig. 3 ergibt, stehen die Erhebungen 24 über dieselbe Hauptoberfläche der Metallblechlage 12 vor wie die Sicke 20, so daß die gemäß Fig. 3 untere Seite der Metallblechlage insgesamt eben ist, jedenfalls in dem in Fig. 3 dargestellten Bereich der Metallblechlage, sieht man von den Vertiefungen 26 und der konkaven Seite der Sicke 20 ab. In diesem Fall ist die Höhe A der Erhebungen 24 kleiner als die Höhe B der Sicke 20, so daß die Sickenhöhe zwar federelastisch verringert werden kann, sich die Sicke jedoch nicht übermäßig abflachen läßt, wenn der in Richtung senkrecht zur Dichtungsplatte 10 gemessene Verformungswiderstand der Erhebungen 24 hinreichend groß ist. Wesentlich ist, daß die Gesamtdicke C des Stoppers 22 größer ist als die Dicke

D der Metallblechlage 12 in einem an den Stopper 22 unmittelbar angrenzenden Bereich der Metallblechlage, jedoch kleiner als die Gesamtdicke E der verformten Metallblechlage im Bereich der Sicke 20.

Erfindungsgemäß ist in der Schnittebene der Fig. 3 in einer Draufsicht auf die Metallblechlage 12 der maximale Durchmesser G einer jeden Erhebung 24 größer, und zwar vorzugsweise erheblich größer als der Abstand F zwischen zwei einander benachbarten Erhebungen 24; anzustreben ist, daß dieser Abstand F so klein wie möglich ist, nämlich so klein, wie es die Verformungseigenschaften des Materials der Metallblechlage 12 gerade noch zulassen. Bei einem Federstahlblech mit einer Blechstärke von 0,2 mm beträgt der maximale Durchmesser G beispielsweise 0,7 mm und der Abstand F beispielsweise 0,2 mm - in diesem Fall beträgt der kleinste Durchmesser H einer jeden Vertiefung 26 0,2 mm (gemessen in der Schnittebene der Fig. 3 und gesehen in einer Ansicht der Metallblechlage 12 gemäß Fig. 3 von unten).

Wie besonders deutlich die Fig. 2 zeigt, bilden die Erhebungen 24 ein regelmäßiges Wabenmuster, welches zur größtmöglichen "Packungsdichte" der Erhebungen führt; die Vertiefungen 26 bilden dann ein entsprechendes Wabenmuster (in einer Ansicht der Metallblechlage 12 gemäß Fig. 3 von unten).

In Schnitten durch die Metallblechlage 12 längs mit der Brennraumachse 18 koaxialen Kreiszylinderflächen 30, welche in Fig. 2 strichpunktiert angedeutet wurden, bildet der Stopper 22 jeweils eine Reihe von vereinzelt diskreten, in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung 14 aufeinanderfolgenden Erhebungen 24 bzw. eine solche Reihe von diskreten Vertiefungen 26, wobei in einer

Draufsicht auf die Metallblechlage der Abstand zwischen einander benachbarten Erhebungen kleiner ist als der maximale Durchmesser dieser Erhebungen; dieses wesentliche Merkmal der Erfindung ergibt sich besonders deutlich aus Fig. 2.

In Abwandlung der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsform kann das von den Erhebungen 24 gebildete Muster auch so orientiert sein, daß sich Reihen von in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung 14 aufeinanderfolgenden Erhebungen 24 ergeben, wobei diese Reihen zur Brennraumachse 18 konzentrische Kreise bilden. In diesem Fall ist in Schnitten durch die Metallblechlage 12 längs mit der Brennraumöffnung 14 coaxialen Kreiszyylinderflächen 30 der Abstand zwischen in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung aufeinanderfolgenden Erhebungen kleiner als der in dieser Richtung gemessene maximale Durchmesser der Erhebungen.

Wie eine Betrachtung der Fig. 2 erkennen läßt, kann die Erfindung bei Ausführungsformen mit noppenartigen Erhebungen bezüglich der Abstände der Erhebungen voneinander auch so definiert werden, daß in einer Draufsicht auf die Metallblechlage der Abstand zwischen einander benachbarten Erhebungen kleiner ist als der minimale Durchmesser der Erhebungen an ihrem Grund, von dem aus die betreffende Erhebung von der Metallblechlage absteht.

In den Figuren 4A und 4B wurde das für die Herstellung des Stoppers 22 verwendete Werkzeug schematisch dargestellt, wobei es sich bei diesem Werkzeug um eine Art Tiefziehwerkzeug mit einem Werkzeugoberteil und einem Werkzeugunterteil handelt, zwischen die die Metallblechlage 12 eingelegt wird, worauf die beiden Werkzeugteile gegeneinandergepreßt werden. Die Fig. 4A



zeigt einen Ausschnitt aus einer Draufsicht auf die dem Werkzeugunterteil zugewandte Seite des Werkzeugoberteils, die Fig. 4B einen Ausschnitt aus einer Draufsicht auf die dem Werkzeugoberteil zugewandte Seite des Werkzeugunterteils. In die in Fig. 4A dargestellte Seite des Werkzeugoberteils wurden Vertiefungen (oder Öffnungen) 24a eingearbeitet, welche ein regelmäßiges Wabenmuster bilden, während an der in Fig. 4B dargestellten Seite des Werkzeugunterteils stiftartige Erhöhungen 26a vorgesehen sind, welche sich senkrecht zur Zeichnungsebene der Fig. 4B erstrecken und gleichfalls ein regelmäßiges Muster bilden, wobei die Achsen der Erhöhungen 26a mit den Achsen der Vertiefungen 24a zusammenfallen, wenn die beiden Werkzeugteile in Richtung dieser Achsen einander genähert werden, so daß die Erhöhungen 26a in die Vertiefungen 24a eindringen. Unter Berücksichtigung der vorstehend im Zusammenhang mit Fig. 3 angegebenen Maße betragen die in Fig. 4A eingezeichneten Abstände K 0,9 mm. Alternativ läßt sich ein erfindungsgemäßer Stopper aber auch durch Verfahren herstellen, welche mit Prägewalzen arbeiten und beispielsweise unter den Bezeichnungen Rollieren und Rändeln bekannt sind.

Die Figuren 5 und 6 zeigen Ausführungsformen, bei denen die Breite des Stoppers um eine Brennraumöffnung herum variiert, wobei in beiden Figuren nur jeweils ein Bereich eines einzigen Stoppers detailliert dargestellt wurde. In beiden Fällen sind in einer Metallblechlage 12' mehrere Brennraumöffnungen 14', Schraubenöffnungen 16' und Wasserdurchgangsöffnungen 17' ausgebildet, und in beiden Fällen werden die erfindungsgemäßen Stopper 22' von einem Muster noppenförmiger Erhebungen 24' gebildet. Da die endgültigen Konturen der Brennraumöffnungen 14' ausgestanzt wurden, nachdem die

noppenförmigen Erhebungen 24' durch Verformen des Blechs der Metallblechlage 12' erzeugt wurden, umfassen die Stopper 22' auch teilweise weggestanzte und deshalb unvollständige Erhebungen 24'. Bei der Ausführungsform nach Fig. 5 bilden die noppenförmigen Erhebungen 24' ein regelmäßiges Muster, was, wie die Fig. 5 erkennen läßt, innerhalb des Stoppers 22' zu Lücken in dem Noppenmuster führt; hingegen bilden bei der Ausführungsform gemäß Fig. 6 die noppenförmigen Erhebungen 24' bereichsweise ein derart unregelmäßiges Muster, daß sich auf diese Weise innerhalb des Stoppers 22' Lücken im Noppenmuster vermeiden lassen.

In den Figuren 5 und 6 wurden die Einhüllenden des Stoppers mit A und B bezeichnet.

Im folgenden werden weitere bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Zylinderkopfdichtung erörtert, und zwar anhand von der Fig. 3 entsprechenden Schnittdarstellungen, um zu verdeutlichen, daß sich die Erfindung auch auf mehrlagige Zylinderkopfdichtungen anwenden läßt und der Stopper nicht unbedingt an derjenigen Metallblechlage vorgesehen sein muß, welche diejenige Sicke bzw. Sicken aufweist, durch die um einen Brennraum herum hauptsächlich abgedichtet wird. In allen Figuren 7 bis 16 wurde dabei die Brennraumöffnung, welche sich durch alle Lagen der betreffenden Zylinderkopfdichtung hindurcherstreckt, wieder mit 14 bezeichnet.

Die Fig. 7 zeigt eine zweilagige Zylinderkopfdichtung mit zwei aufeinanderliegenden Metallblechlagen 40 und 42; bei der Metallblechlage 40 handelt es sich um eine sogenannte Funktionslage aus Federstahlblech, in der in radialem

Abstand von der Brennraumöffnung 14 eine die Abdichtfunktion im wesentlichen übernehmende Sicke 44 ausgebildet ist, während die Metallblechlage 42 eine Stahlblechlage sein soll, welche unter Einsatzbedingungen zumindest im Bereich zweier Stopper 46 und 48 keine nennenswerten elastischen oder plastischen Eigenschaften aufweist. Die Stopper 46 und 48 entsprechen dem Stopper 22 der Ausführungsform nach den Figuren 1 bis 3, so daß es diesbezüglich keiner weiteren Erläuterungen bedarf. Die Sicke 44 springt in Richtung auf die Metallblechlage 42 vor, die Erhebungen der Stopper 46 und 48 in Richtung der Metallblechlage 40. Bei dieser Ausführungsform wird die Sicke 44 im Motorbetrieb radial innerhalb und außerhalb (bezogen auf die Brennraumöffnung 14) abgestützt und so vor unzulässig hohen Verformungen geschützt.

Die in Fig. 8 dargestellte Zylinderkopfdichtung ist dreilagig mit zwei gesickten Außenlagen 40' und 40'' sowie einer mit Stoppern 46' und 48' versehenen Zwischenlage 42', welche der Metallblechlage 42 der Ausführungsform nach Fig. 5 entspricht, während die Außenlagen 40' und 40'' der Metallblechlage 40 der Ausführungsform nach Fig. 7 entsprechen und jeweils mit einer Sicke 44' bzw. 44'' versehen sind. Die Erhebungen der Stopper 46' und 48' stehen zwar alle nur in einer Richtung über die eine Hauptoberfläche der Zwischenlage 42' vor, sie sind jedoch in der Lage, unerwünscht hohe Verformungen beider Sicken 44' und 44'' zu verhindern, wenn die Gesamtdicke des Stoppers 46' bzw. 48' hinreichend groß ist, da sich die Zwischenlage 42' radial innerhalb und radial außerhalb der Kämme der Sicken 44' und 44'' gemäß Fig. 8 nach unten ausbiegen läßt.

Die Fig. 9 zeigt eine weitere dreilagige Zylinderkopfdichtung mit zwei als Funktionslagen dienenden Außenlagen 50 und 52 sowie einer Zwischenlage 54,

welche bei 56 um die Brennraumöffnung 14 herum abgekröpft ist, und zwar in Richtung auf die Außenlage 50 und radial innerhalb einer in Richtung auf die Zwischenlage 54 vorspringenden Sicke 50a der Außenlage 50. Infolgedessen kann der radial innerhalb der Abkröpfung 56 liegende Ringbereich der Zwischenlage 54 als Stopper für die Sicke 50a fungieren. Die Außenlage 52 hat gleichfalls eine Sicke 52a, welche in Richtung auf die Zwischenlage 54 vorspringt und der Sicke 50a gegenüberliegt; außerdem weist die Außenlage 52 radial innerhalb der Sicke 52a einen erfindungsgemäßen Stopper 58 auf, welcher bis auf einen Unterschied dem Stopper 22 der Ausführungsform nach den Figuren 1 bis 3 entspricht - wegen der Abkröpfung 56 müssen die Erhebungen 58' des Stoppers 58 um so viel höher als die Erhebungen 24 der Ausführungsform nach den Figuren 1 bis 3 sein, als dies der Höhe der Abkröpfung 56 entspricht, damit die Sicke 52a durch den Stopper 58 in derselben Weise vor übermäßigen Verformungen geschützt ist wie die Sicke 20 der Ausführungsform nach den Figuren 1 bis 3 durch die Erhebungen 24 des Stoppers 22.

Die Fig. 10 zeigt eine vierlagige Dichtung mit zwei Außenlagen 60 und 62 sowie zwei Innen- oder Zwischenlagen 64 und 66, wobei alle Lagen bis auf die Zwischenlage 64 mit einer die Brennraumöffnung 14 umschließenden Sicke 60a bzw. 62a bzw. 66a versehen sind. Radial innerhalb der Sicke 60a ist die Zwischenlage 64 bei 68 abgekröpft, und zwar in Richtung auf die Außenlage 60, so daß die Abkröpfung 68 eine Stopperfunktion für die Sicke 60a übernehmen kann. Radial innerhalb der Sicke 66a ist die Zwischenlage 66 mit einem erfindungsgemäßen Stopper 70 versehen, für den das über den Stopper 58 Gesagte gilt, da die Sicke 66a radial außerhalb der Abkröpfung 68 gegen die Zwischenlage 64 angepreßt wird, der Stopper 70 jedoch radial innerhalb der Abkröpfung 68 liegt. Bei entsprechender Bemessung der Gesamthöhe des

Stoppers 70 kann dieser auch eine Stopperfunktion für die Sicke 62a der Außenlage 62 übernehmen - dies setzt voraus, daß bei im Motorbetrieb auftretender maximaler Pressung der Zylinderkopfdichtung, wenn der radial innere Bereich der Außenlage 60 gegen den radial inneren Bereich der Zwischenlage 64 anliegt, die Gesamtdicke der Dichtungsplatte im Bereich des Stoppers 70 so groß ist, daß die Sicke 62a nicht übermäßig abgeflacht werden kann.

Die Fig. 11 zeigt eine Zylinderkopfdichtung, welche wie die Ausführungsform gemäß Fig. 7 zweilagig ist, wobei jedoch beide Metallblechlagen 72 und 74 der Ausführungsform nach Fig. 11 jeweils mit einer Sicke 72a bzw. 74a versehen sind und ein an der Metallblechlage 74 vorgesehener erfindungsgemäßer Stopper 76 so ausgebildet sein soll, daß er beide Sicken vor einer übermäßigen Abflachung schützen kann, was nur eine entsprechende Höhe der Erhebungen 78 des Stoppers 76 erfordert.

Durch die in Fig. 12 dargestellte Ausführungsform soll verdeutlicht werden, daß ein erfindungsgemäßer Stopper auch radial außerhalb der zu schützenden Sicke bzw. Sicken angeordnet werden kann. Diese Zylinderkopfdichtung hat zwei mit Sicken 80a und 82a versehene Außenlagen 80 und 82 sowie eine Zwischenlage 84 mit einem erfindungsgemäßen Stopper 86 zum Schutz der beiden gegen die Zwischenlage 84 vorspringenden Sicken. Bei dieser Ausführungsform kann es zweckmäßig sein, den Stopper 86, anders als zeichnerisch dargestellt, so zu gestalten, daß er nach beiden Seiten vorspringende Erhebungen aufweist, wobei in einer Draufsicht auf die Zwischenlage 84 einander benachbarte Erhebungen in entgegengesetzte Richtungen vorspringen.

Die in Fig. 13 dargestellte Zylinderkopfdichtung hat zwei als Funktions- und Stopperlagen dienende Außenlagen 88 und 90 sowie eine glatte Zwischenlage 92, gegen welche Sicken 88a und 90a der beiden Außenlagen vorspringen. Jede der Außenlagen hat radial innerhalb ihrer Sicke einen erfindungsgemäßen Stopper 94 bzw. 96, dessen Erhebungen in der gleichen Richtung vorspringen wie die Sicke der betreffenden Außenlage.

Die Fig. 14 zeigt eine dreilagige Zylinderkopfdichtung mit drei Funktionslagen, nämlich mit zwei Außenlagen 98 und 100 und einer Zwischenlage 102, deren jede mit einer Sicke 98a bzw. 100a bzw. 102a versehen ist. Die Zwischenlage 102 weist außerdem radial innerhalb der Sicken einen erfindungsgemäßen Stopper 104 auf, welcher bei entsprechender Bemessung seiner Gesamtdicke und einer hinreichenden Flexibilität der Lage 102 alle drei Sicken vor einer unerwünscht starken Abflachung schützen kann.

Die in Fig. 15 dargestellte Zylinderkopfdichtung hat vier Lagen, von denen zwei als Funktionslagen und zwei als Funktions- und Stopperlagen ausgebildet sind, nämlich zwei Außenlagen 106 und 108 sowie zwei Zwischenlagen 110 und 112, deren jede mit einer Sicke 106a bzw. 108a bzw. 110a bzw. 112a versehen ist. Zusätzlich weist jede der Zwischenlagen radial innerhalb der Sicken einen erfindungsgemäßen Stopper 114 bzw. 116 auf. Springen die Erhebungen des Stoppers 114 genügend weit (gemäß Fig. 15 nach unten) vor, können sie die beiden Sicken 106a und 110a vor übermäßigen Verformungen schützen, und entsprechendes gilt für den Stopper 116 und die Sicken 108a sowie 112a.

Die in Fig. 16 dargestellte Zylinderkopfdichtung ist fünflagig und bezüglich einer Zwischenlage 120 spiegelsymmetrisch gestaltet. Bei der Zwischenlage

120 handelt es sich um eine glatte Metallblechlage, während zwei Außenlagen 122 und 124 gesickte Funktionslagen und zwei Zwischenlagen 126 und 128 gesickte Funktions- und Stopperlagen sind, deren erfindungsgemäße Stopper mit 130 und 132 bezeichnet wurden. Bei entsprechender Bemessung der Gesamtdicke des Stopper 130 bzw. 132 kann jeder dieser Stopper die Sicken seiner eigenen sowie der benachbarten Metallblechlage vor einer übermäßigen Abflachung schützen.

Die Figuren 17 und 18 zeigen zwei weitere Ausführungsformen der Erfindung, wobei jeweils ein Ausschnitt aus einer mit einem erfindungsgemäßen Stopper versehenen Metallblechlage perspektivisch dargestellt wurde; dabei weist die Metallblechlage auch eine die Abdichtfunktion im wesentlichen übernehmende Sicke auf, obwohl diese bei einer mehrlagigen Dichtung auch in einer anderen Metallblechlage vorgesehen sein könnte. In beiden Fällen wurde die Brennraumöffnung wieder mit 14 bezeichnet.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 17 weist die Metallblechlage 200 radial innerhalb der die Abdichtfunktion im wesentlichen übernehmenden Sicke 202 einen Stopper 204 auf, welcher begrenzt wird durch strichpunktiert ange deutete Linien 206 und 208, d. h. die Einhüllenden, welche in diesem Fall beide konzentrisch zur Brennraumöffnung 14 verlaufen. Im Bereich des Stoppers 204 ist die Metallblechlage 200 mit einer mäanderförmig verlaufenden Sicke 210 versehen, deren Schlingen bezüglich der Brennraumöffnung 14 radial ausgerichtet sind und vorzugsweise so nahe beieinander liegen, als dies das Umformverhalten des Materials der Metallblechlage 200 zuläßt. Die Fig. 17 läßt erkennen, daß auch bei dieser Ausführungsform - in einer Draufsicht auf die Metallblechlage 200 und innerhalb der Begrenzungslinien 206, 208 - die von

der Sicke 210 eingenommene Fläche zumindest gleich groß, vorzugsweise größer ist als die Hälfte der Fläche des von den Begrenzungslinien 206 und 208 eingegrenzten, ringförmigen Bereichs der Metallblechlage 200; in diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß bei der Berechnung des Flächenanteils der Sicke 210, d. h. der Erhebungen dieses Stoppers 204, in einer Draufsicht auf die Metallblechlage 200 alle Bereiche der Sicke 210 einbezogen werden müssen, d. h. auch die Flächen der beiden Sickenflanken zwischen der Sickenkuppe und den unverformten Bereichen der Metallblechlage 200.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 18 weist eine mit einer Sicke 202' versehene Metallblechlage 200' einen Stopper 204' auf, welcher von einem Kranz von sich bezüglich der Brennraumöffnung 14 radial erstreckenden Sicken 210' gebildet wird. Wie die Fig. 18 erkennen läßt, ist erfindungsgemäß der Mindestabstand A zwischen zwei einander benachbarten Sicken 210' kleiner, und zwar vorzugsweise wesentlich kleiner als die in der Draufsicht auf die Metallblechlage 200' gemessene Mindestbreite B der Sicken. In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, daß sich der Abstand der Sicken voneinander in bezüglich der Brennraumöffnung 14 radialer Richtung nach außen vergrößern kann; alternativ oder zusätzlich kann sich die Sickenbreite in radialer Richtung nach außen vergrößern. An ihren radial äußeren Enden gehen die Sicken 210' mit Rundungen, d. h. mit Radien, in einen ebenen Bereich der Metallblechlage 200' über, und zwar sowohl in einer Seitenansicht einer jeden Sicke, als auch in einer Draufsicht auf die Metallblechlage (letzteres läßt die Fig. 18 nicht deutlich erkennen), so daß in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die radial äußeren Enden der Sicken 210' ungefähr einen Kreisbogen bilden, welcher sich über 180° erstreckt. Die Einhüllenden des Stoppers 204' wurden mit 206' und 208' bezeichnet. Wird bei der Ausführungsform gemäß Fig. 18 die endgültige



Kontur der Brennraumöffnung 14 erst nach der Erzeugung der Sicken 210' ausgestanzt, sollte dafür Sorge getragen werden, daß dabei die radial inneren Enden der Sicken nicht all zu sehr verformt werden, z. B. durch eine hinreichende Abstützung der Sicken im Stanzwerkzeug. Hingegen könnte es beim Ausstanzen der endgültigen Kontur der Brennraumöffnung 14 der Ausführungsform gemäß Fig. 17 toleriert werden, wenn die radial inneren Bögen oder Schlingen des von der Sicke 210 gebildeten Mäanders ganz oder teilweise weggestanzt würden.

Die Fig. 19 zeigt eine Variante der Ausführungsform gemäß Fig. 17, und zwar eine Variante ähnlich der Ausführungsform gemäß Fig. 5 oder Fig. 6. Die Einhüllenden wurden dementsprechend mit A' und B' bezeichnet.

Die Fig. 19 zeigt eine Metallblechlage 200' mit Brennraumöffnungen 14', Schraubenöffnungen 16', Wasserdurchgangsöffnungen 17' und Sicken 20', welche die Brennraumöffnungen 14' umschließen, in einem Stegbereich zwischen zwei einander benachbarten Brennraumöffnungen 14' ineinander übergehen und durch erfindungsgemäße Stopper 204' vor übermäßigen Verformungen geschützt werden sollen. Der mehr im Detail dargestellte Stopper 204' wird von einer Sicke 210' mit mäanderförmigem Verlauf gebildet, welche die zugehörige Brennraumöffnung 14' geschlossen umgibt und in ihrem mäanderförmigen Verlauf derart variiert, daß der Stopper 204' um die Brennraumöffnung 14' herum eine variierende Breite aufweist. Die Gründe für diese Breitenprofilierung können in folgendem gesehen werden: Wenn in der Metallblechlage 200' in unmittelbarer Nachbarschaft einer Brennraumöffnung 14' Öffnungen, wie eine der Öffnungen 17', vorgesehen sind, können die beengten räumlichen Verhältnisse eine Einschnürung des Stoppers 204' erforderlich

machen; andererseits kann es empfehlenswert sein, die Stopper 204' dort bereichsweise zu verbreitern; wo zwei Sicken 20' im Stegbereich zwischen zwei einander benachbarten Brennraumöffnungen 14' ineinander übergehen und eine Y-förmige Konfiguration bilden.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, weist jeder erfindungsgemäße Stopper in einer Draufsicht auf die Metallblechlage eine Vielzahl kleiner Radien auf, in deren Bereich das Material der Metallblechlage kaltverfestigt ist, d. h. der Flächenanteil der kaltverfestigten Bereiche ist bei einem erfindungsgemäßen Stopper sehr viel größer als bei einem Stopper gemäß der WO 98/28559. Dies drückt sich in der Summe der Bogenwinkel dieser Radien eines in einer Draufsicht gesehenen Stoppers aus; bei den vorstehend beschriebenen bekannten Stoppfern, welche sich aus der WO 98/28559 und dem DE-U-298 04 534 ergeben, ist die Summe der Bogenwinkel  $360^\circ$  multipliziert mit der Anzahl der kreisförmigen Sicken, hingegen ergeben sich bei den erfindungsgemäßen Stoppfern die folgenden Bogenwinkelsummen: Wird der Stopper von einem Muster noppenförmiger Erhebungen gebildet, beträgt die Bogenwinkelsumme  $360^\circ$  multipliziert mit der Anzahl der Noppen, hat der Stopper eine die Brennraumöffnung mindestens nahezu geschlossen umgebende Sicke, welche über wenigstens einen Teil ihrer Länge einen mäanderförmigen Verlauf aufweist, beträgt die Bogenwinkelsumme 2 mal  $180^\circ$  multipliziert mit der Schlingenzahl des Mäanders, und wird der Stopper von einem Kranz radial verlaufender Sicken gebildet, beträgt die Bogenwinkelsumme  $180^\circ$  multipliziert mit der Anzahl der Sicken.

## Ansprüche

1. Zylinderkopfdichtung mit einer mindestens im wesentlichen metallischen Dichtungsplatte, welche mindestens eine von wenigstens einer elastisch höhenverformbaren Sicke umschlossene Brennraumöffnung und mindestens eine die Sickenverformung begrenzende, die Brennraumöffnung umgebende und der Sicke benachbarte Verformungsbegrenzungsvorrichtung aufweist, die in einer Metallblechlage der Dichtungsplatte durch eine solche Verformung der Metallblechlage ausgebildet ist, daß die letztere in ihren Hauptoberflächen im Bereich der Verformungsbegrenzungsvorrichtung Erhebungen und Vertiefungen aufweist und die Gesamtdicke der Metallblechlage im Bereich der Verformungsbegrenzungsvorrichtung größer ist als die originäre Dicke der Metallblechlage, **dadurch gekennzeichnet**, daß in Schnitten durch die Metallblechlage längs mit der Brennraumöffnung koaxialer Kreiszylinderflächen die Verformungsbegrenzungsvorrichtung jeweils eine Reihe von diskreten, in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung aufeinanderfolgenden, in der Schnittfläche über das Blech der Metallblechlage miteinander verbundenen Erhebungen sowie diesen in der Metallblechlage direkt gegenüberliegende korrespondierende Vertiefungen aufweist, wobei in einer Draufsicht auf die Metallblechlage im Bereich der Verformungsbegrenzungsvorrichtung die von den Erhebungen insgesamt eingenommene Fläche mindestens die Hälfte der Gesamtfläche der Verformungsbegrenzungsvorrichtung beträgt, und die Form der Erhebungen von der Form von die

Brennraumöffnung zumindest teilweise umschließenden Kreisbögen abweicht.

2. Zylinderkopfdichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Schnitten durch die Metallblechlage längs mit der Brennraumöffnung koaxialen Kreiszylinderflächen die bei eingebauter Dichtung gegen eine benachbarte Dichtfläche anzupressenden Kuppen der Erhebungen mit dieser Dichtfläche eine die Brennraumöffnung umschließende, in Umfangsrichtung der letzteren jedoch unterbrochene Kontaktzone bilden.
3. Zylinderkopfdichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kuppen der Erhebungen ungefähr parallel zur Ebene der Metallblechlage verlaufen.
4. Zylinderkopfdichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in Schnitten durch die Metallblechlage längs mit der Brennraumöffnung koaxialen Kreiszylinderflächen die Erhebungen einen ungefähr U-förmigen Querschnitt haben.
5. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebungen unter den im Motorbetrieb auf die Erhebungen ausgeübten Druckkräften zumindest nahezu unelastisch sind.
6. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebungen unter den im Motorbetrieb

auf die Erhebungen ausgeübten Druckkräften zumindest nahezu keine plastischen Eigenschaften aufweisen.

7. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Metallblechlage im Bereich der Erhebungen durch Verformung bis nahezu zur Bruchgrenze kaltverfestigt ist.
8. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Erhebungen einander zumindest nahezu abstandslos benachbart sind.
9. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß rings um die Brennraumöffnung herum die senkrecht zur Metallblechlage gemessene Federkonstante der Verformungsbegrenzungsvorrichtung überall größer als diejenige der benachbarten Sicke ist.
10. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß rings um die Brennraumöffnung herum die Gesamtdicke der Metallblechlage im Bereich der Verformungsbegrenzungsvorrichtung überall kleiner ist als im Bereich der benachbarten Sicke.
11. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Brennraumöffnung eine Verformungsbegrenzungsvorrichtung vorgesehen ist.

12. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformungsbegrenzungsvorrichtung radial innerhalb der benachbarten Sicke angeordnet ist.
13. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Brennraumöffnung nur eine einzige Verformungsbegrenzungsvorrichtung vorgesehen ist.
14. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die der Verformungsbegrenzungsvorrichtung benachbarte Sicke in der Draufsicht auf die Metallblechlage kreisförmig ausgebildet ist.
15. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Verformungsbegrenzungsvorrichtung ein zweidimensionales Muster von diskreten Erhebungen bildet.
16. Zylinderkopfdichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebungen ein regelmäßiges Muster bilden.
17. Zylinderkopfdichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Abstände  $F$  zwischen einander benachbarten Erhebungen kleiner sind als die maximalen Durchmesser  $G$  der Erhebungen, so daß gilt  $0 \leq F < G$ .

18. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Draufsicht auf die Metallblechlage alle Erhebungen ungefähr gleich gestaltet sind.
19. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebungen noppenförmig gestaltet sind.
20. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Erhebungen ein Wabenmuster bilden.
21. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebungen von mindestens einer Sicke gebildet werden, welche in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Brennraumöffnung mindestens nahezu geschlossen umgibt und über wenigstens einen Teil ihrer Länge einen sich in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung erstreckenden, zumindest nahezu vollständigen Mäander bildet.
22. Zylinderkopfdichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformungsbegrenzungsvorrichtung von einer einzigen Sicke gebildet wird.
23. Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Draufsicht auf die Metallblechlage die Erhebungen von einem die Brennraumöffnung umschließenden Kranz

von sich bezüglich der Brennraumöffnung ungefähr in radialer Richtung erstreckenden Sicken gebildet werden.

24. Zylinderkopfdichtung mit einer mindestens im wesentlichen metallischen Dichtungsplatte, welche mehrere, jeweils von wenigstens einer ersten, elastisch höhenverformbaren Sicke umschlossene Brennraumöffnungen und für jede dieser Sicken mindestens eine die Sickenverformung begrenzende, die zugehörige Brennraumöffnung umgebende, der Sicke benachbarte Verformungsbegrenzungsvorrichtung aufweist, die in einer Metallblechlage der Dichtungsplatte durch eine Verformung dieser Metallblechlage ausgebildet ist, wobei
- (a) die Verformungsbegrenzungsvorrichtung von mindestens einer zweiten Sicke dieser Metallblechlage gebildet wird, welche in einer Draufsicht auf diese Metallblechlage die zugehörige Brennraumöffnung mindestens nahezu geschlossen umgibt und über wenigstens einen Teil ihrer Länge einen sich in Umfangsrichtung der zugehörigen Brennraumöffnung erstreckenden, zumindest nahezu vollständigen Mäander bildet;
  - (b) rings um die zugehörige Brennraumöffnung herum überall die senkrecht zu dieser Metallblechlage gemessene Federkonstante der zweiten Sicke größer als diejenige der ersten Sicke ist;
  - (c) rings um die zugehörige Brennraumöffnung herum überall die Gesamtdicke dieser Metallblechlage im Bereich der zweiten Sicke kleiner ist als im Bereich der ersten Sicke;



- (d) die zweite Sicke zwischen der Brennraumöffnung und der ersten Sicke angeordnet ist, und
  - (e) in einer Draufsicht auf die Metallblechlage im Bereich der Verformungsbegrenzungsvorrichtung die von der zweiten Sicke insgesamt eingenommene Fläche mindestens gleich der Hälfte der Gesamtfläche der Verformungsbegrenzungsvorrichtung ist.
25. Verfahren zur Herstellung einer Zylinderkopfdichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebungen zunächst mit einer größeren als ihrer endgültigen Höhe erzeugt und sodann durch eine teilweise derartige Rückverformung der Metallblechlage auf ihre endgültige Höhe gebracht werden, daß ihr Querschnitt in mit der Brennraumöffnung coaxialen Kreiszylinderflächen annähernd rechteckig oder trapezförmig ist.

FIG.19

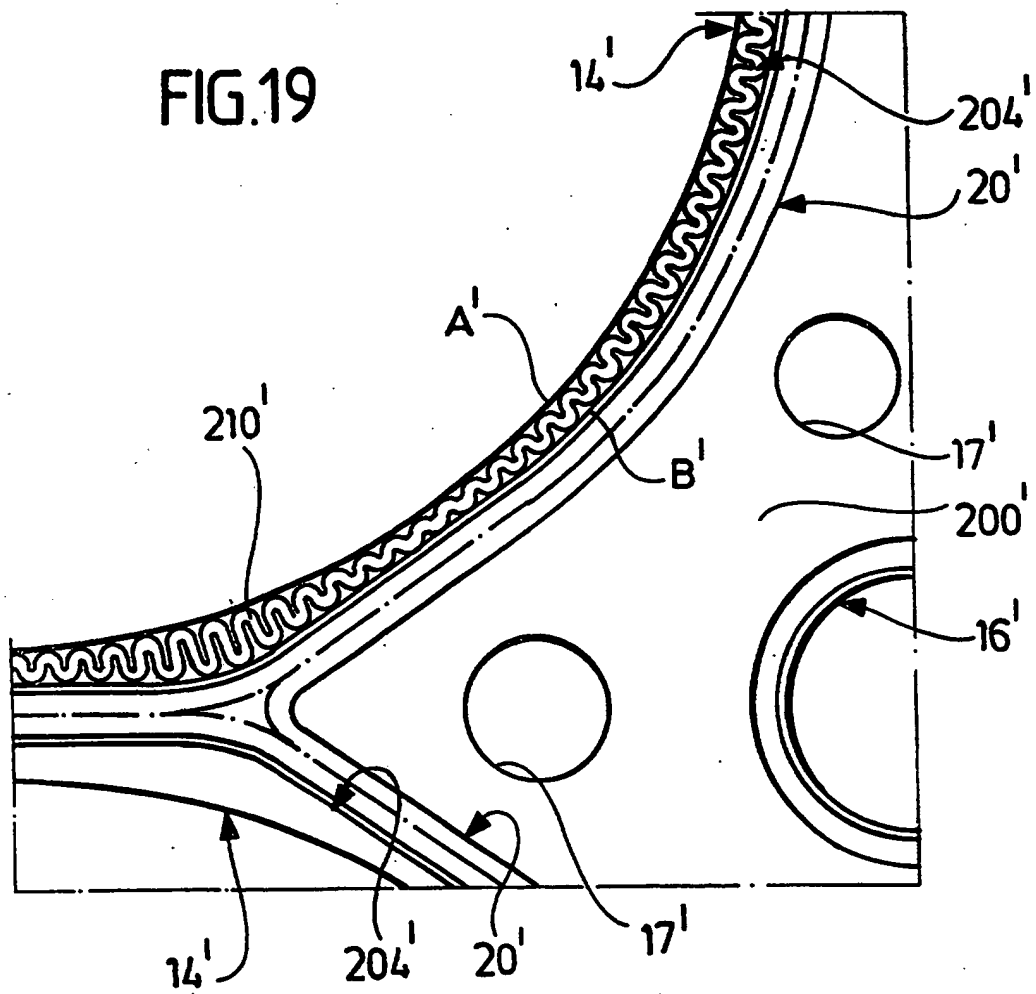


FIG.17

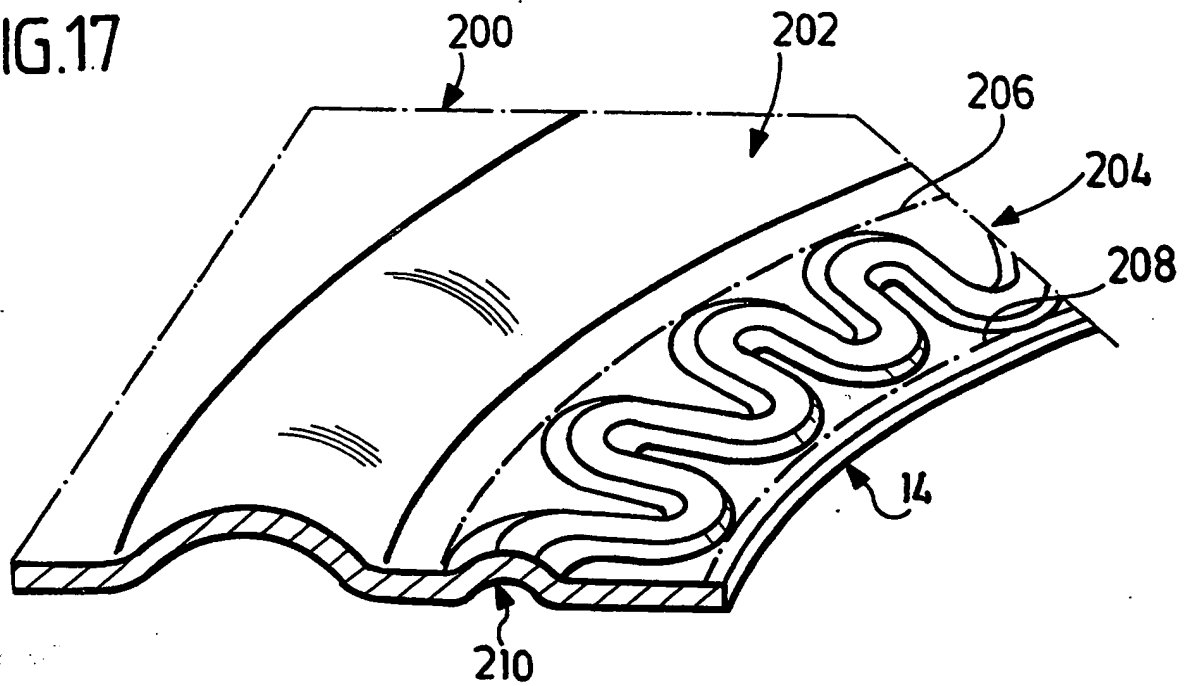


FIG.18

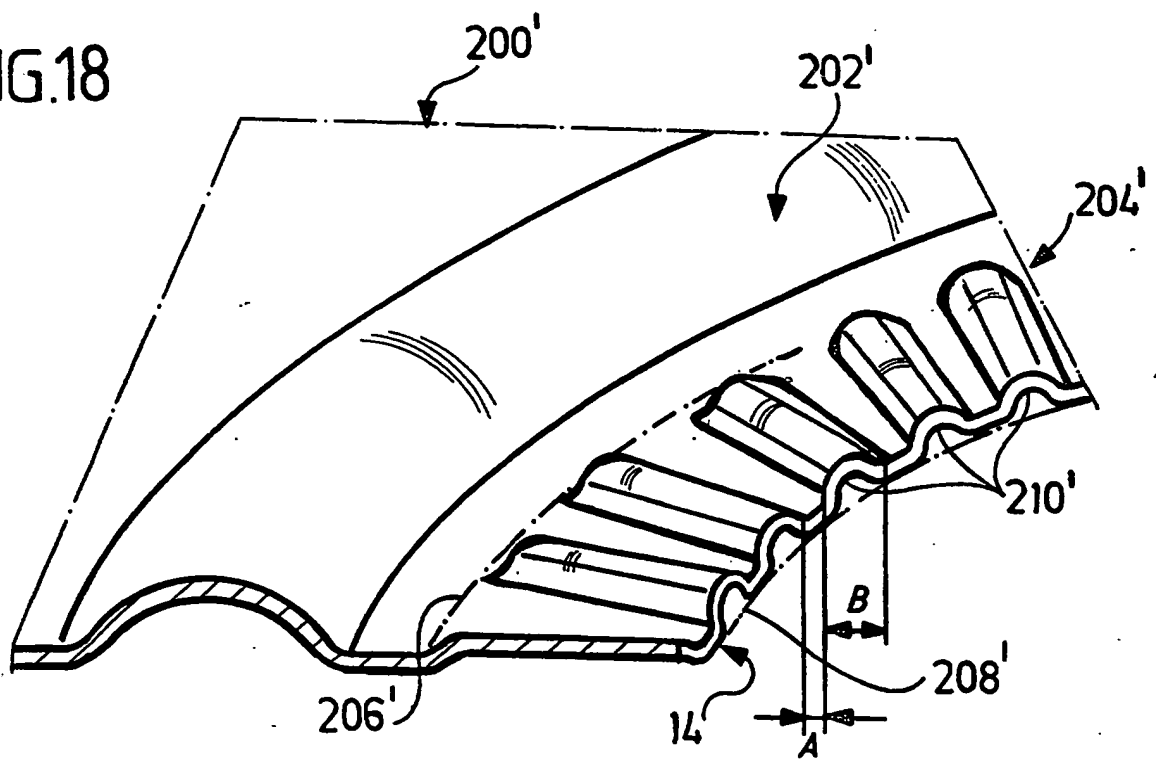


FIG.14

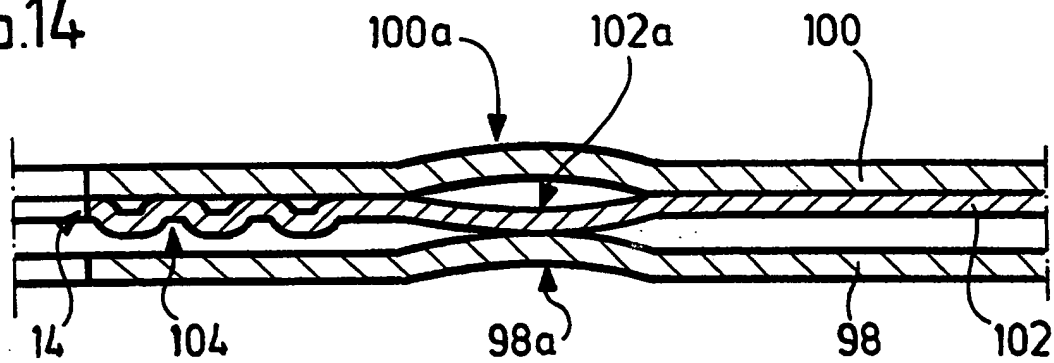


FIG.15

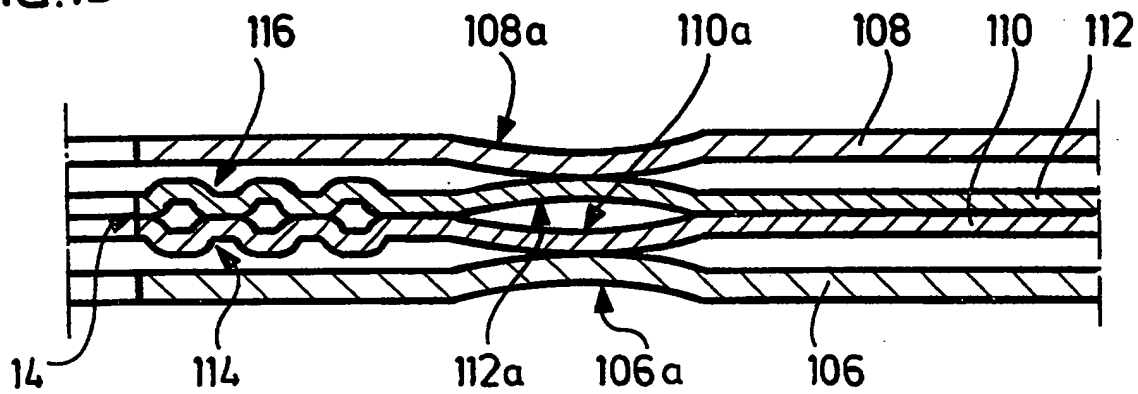


FIG.16

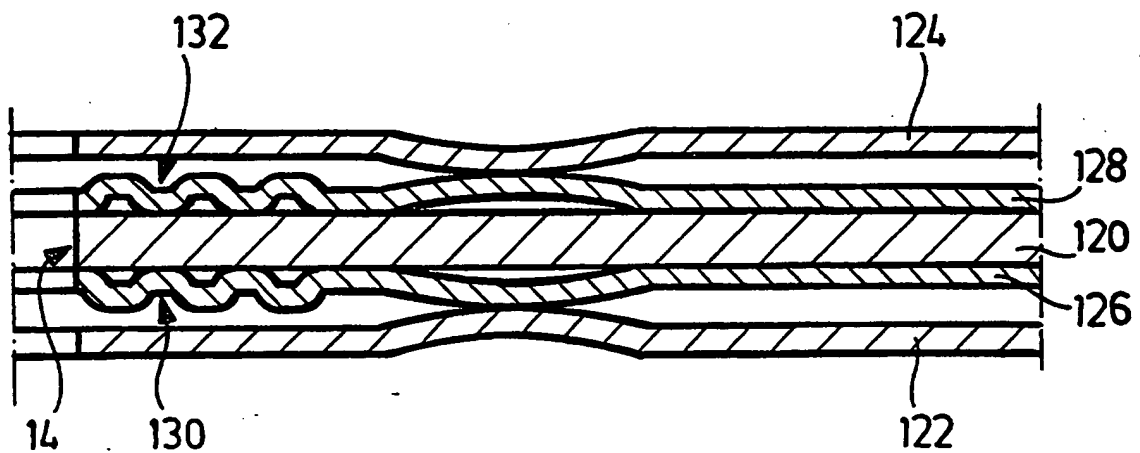


FIG. 11

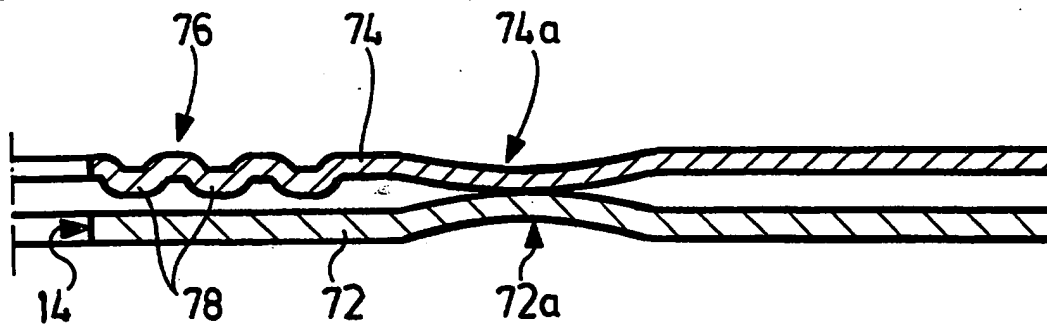


FIG. 12

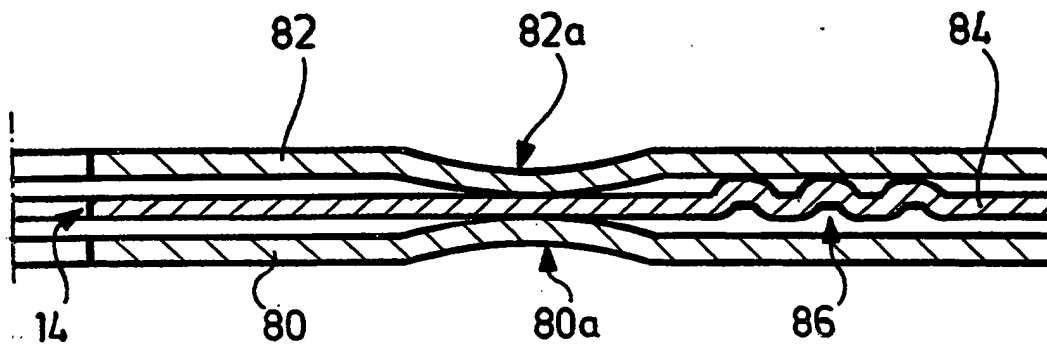


FIG. 13

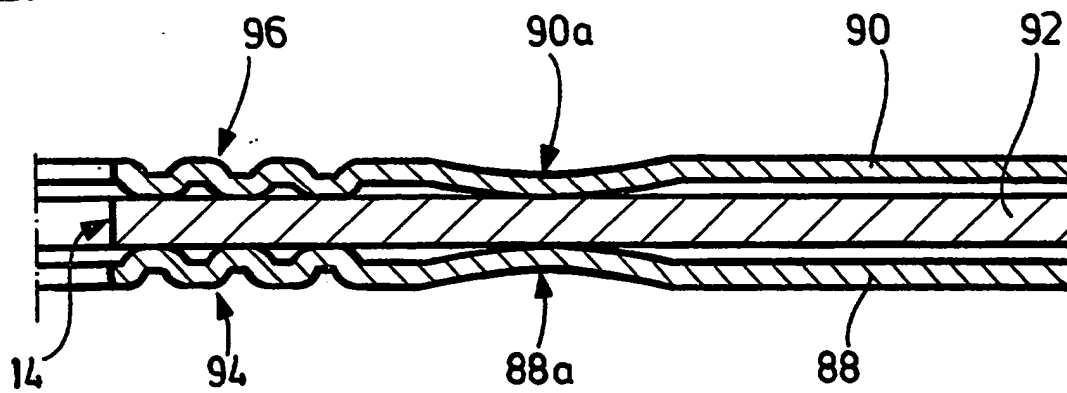


FIG.7

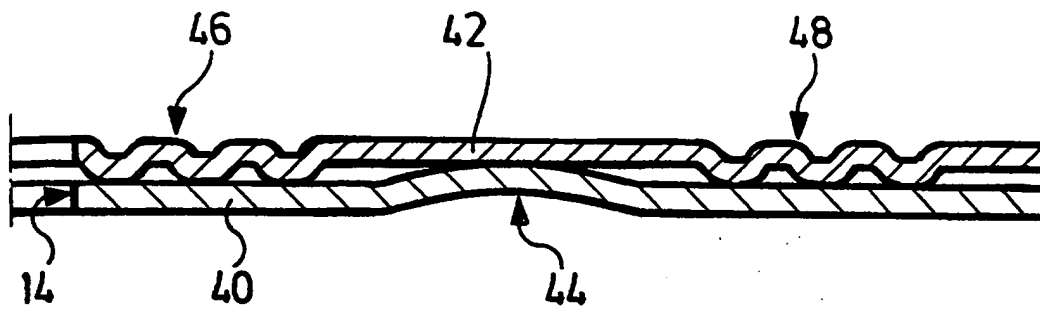


FIG.8

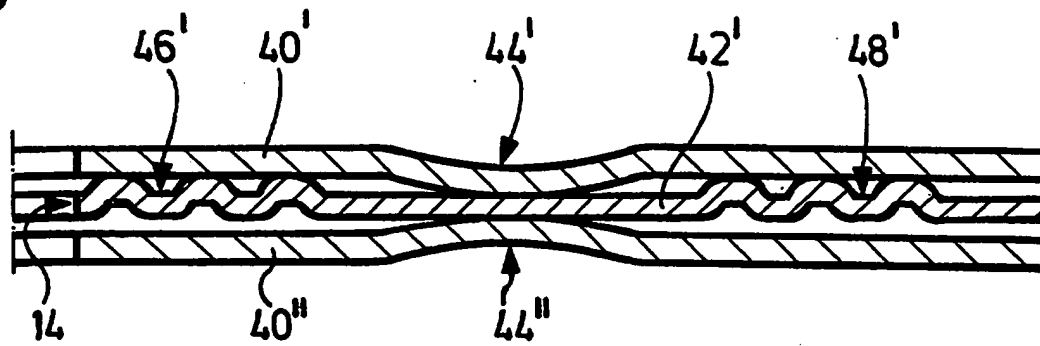


FIG.9

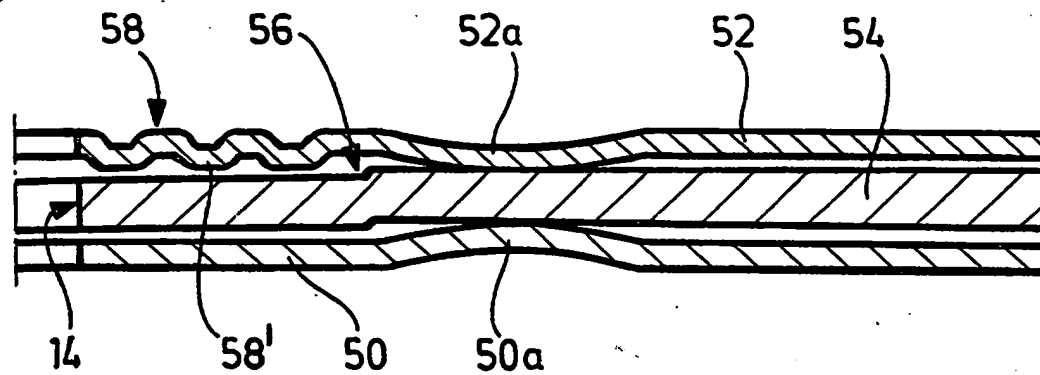


FIG.10

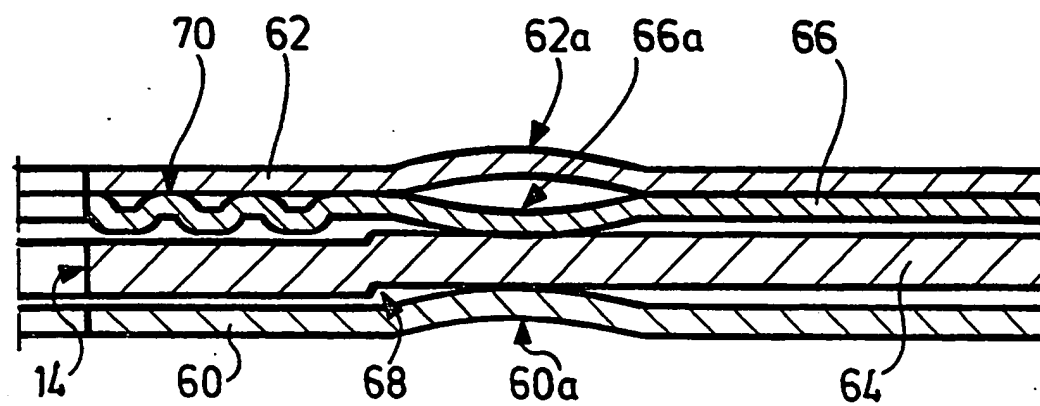


FIG.6

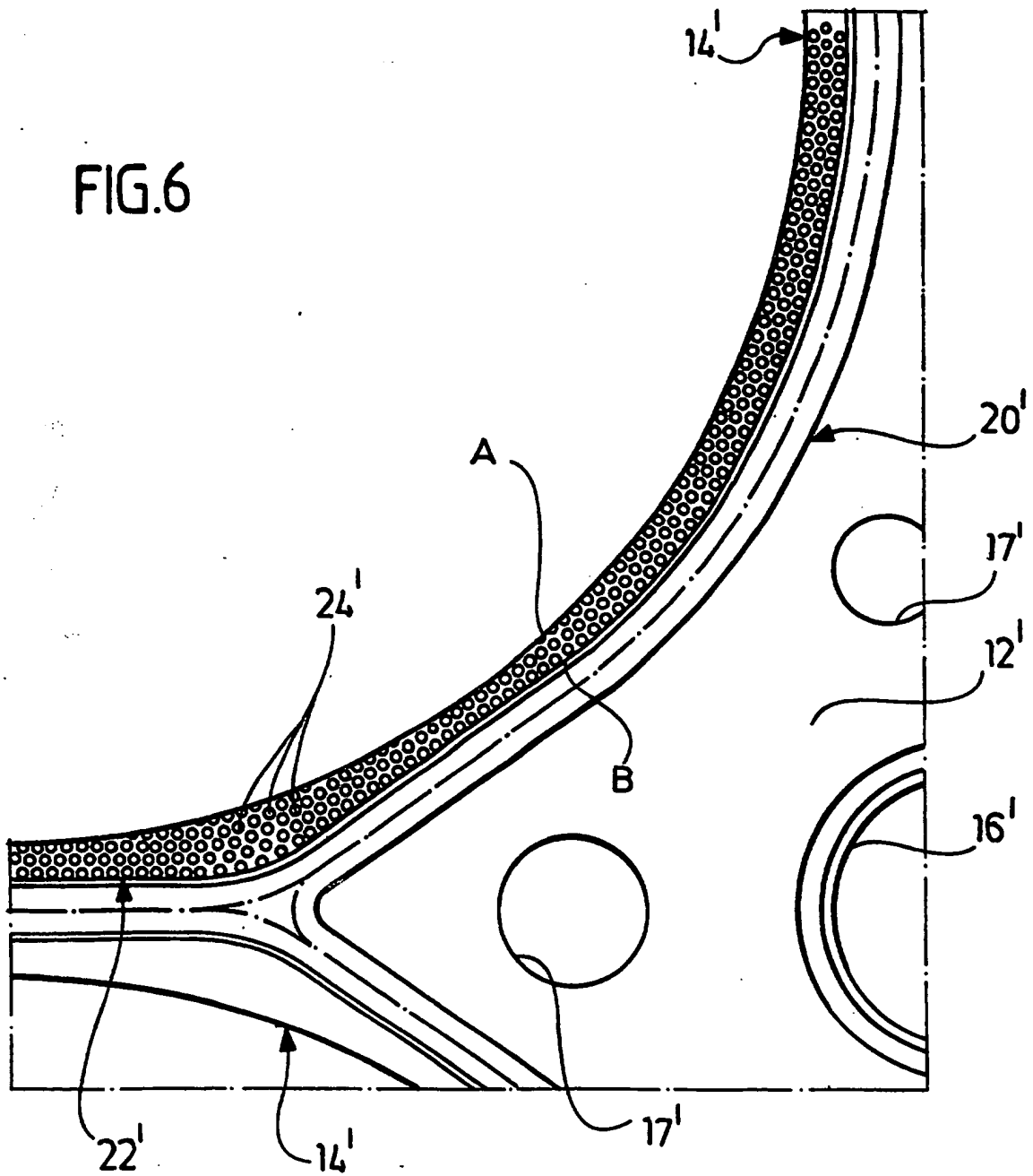
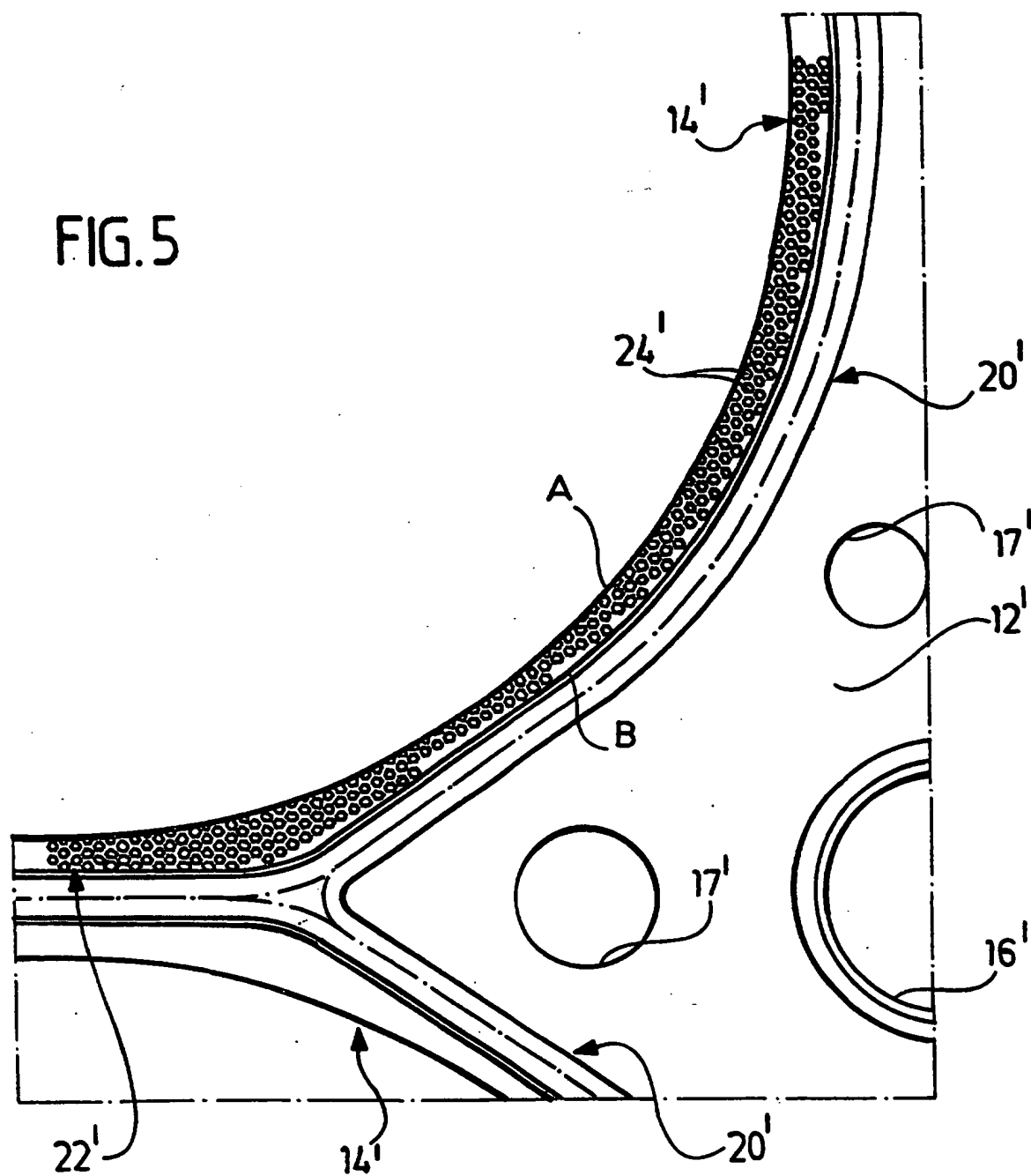
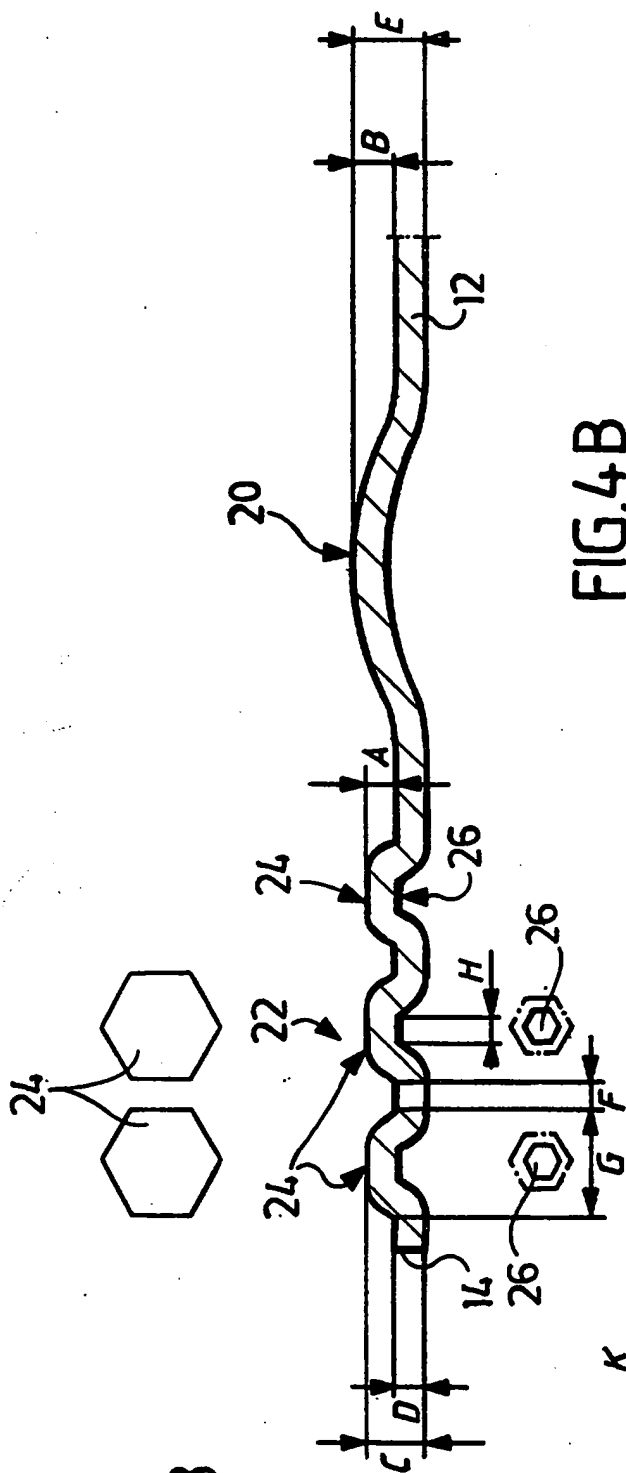


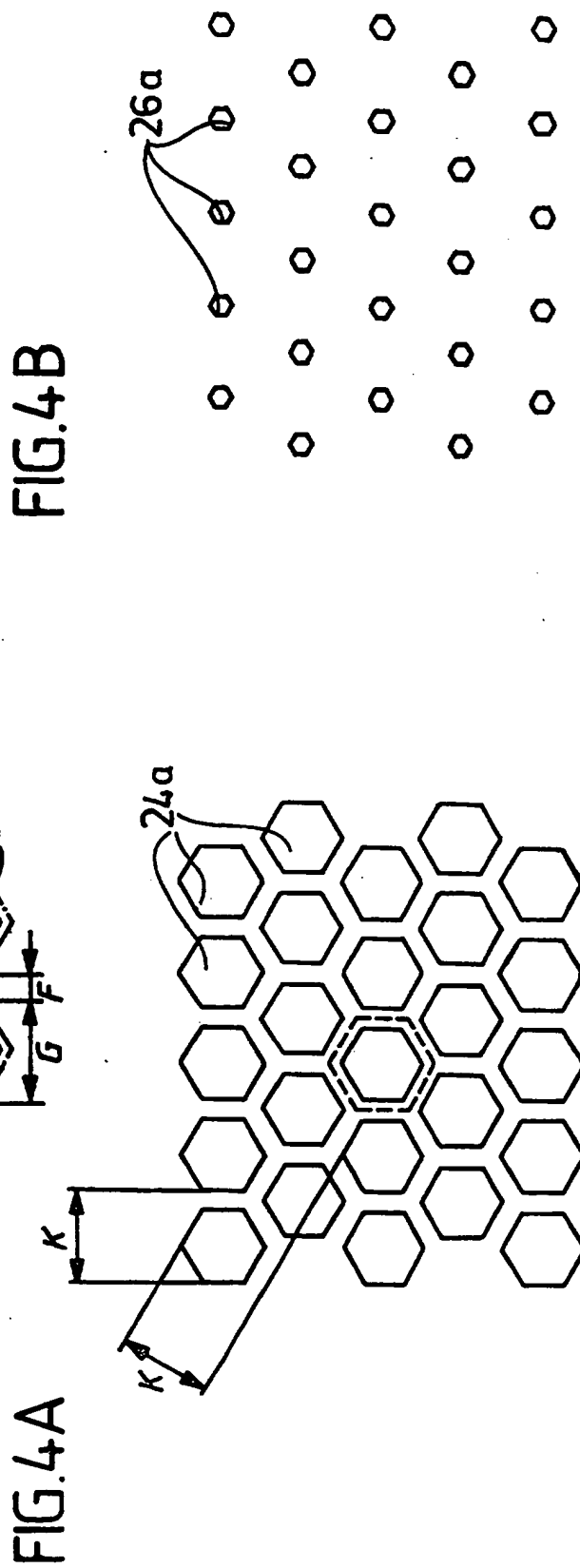
FIG. 5



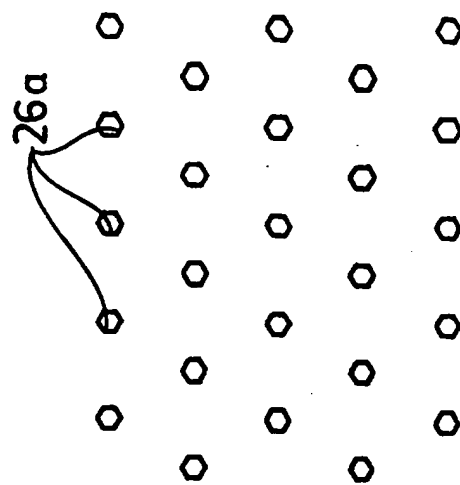




**FIG. 3**



**FIG. 4A**



**FIG. 4B**

FIG.1

1/9

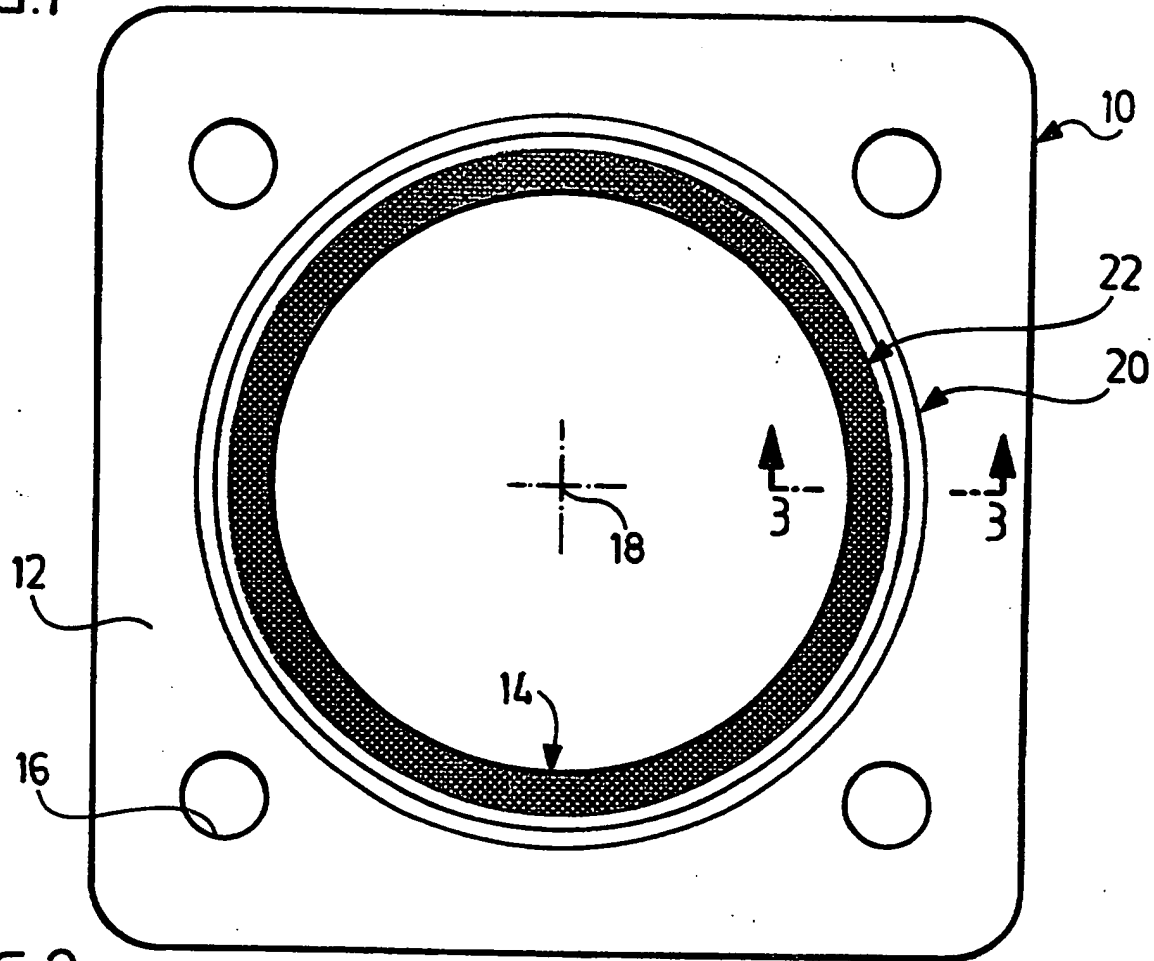


FIG.2

